

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ): Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива

УДК 62-611:547.426.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Бальжанова Арюна Тогмитовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Киргина М.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Сечин А.А.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес О.Е.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

18.03.01 Химическая технология

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 19, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), CDIO (пп. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач.	Требования ФГОС (ПК-7, 11, 17, 18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), CDIO (пп. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии.	Требования ФГОС (ПК-1, 5, 8, 9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), CDIO (пп. 1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-11, 26, 27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), CDIO (пп. 1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий.	Требования ФГОС (ПК-4, 21, 22, 23, 24, 25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6, 10, 12, 13, 14, 15, ОК-6, 13, 15), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), CDIO (пп. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
Общекультурные компетенции		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), CDIO (п. 2.5)

P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), CDIO (п. 2.4)
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), CDIO (пп. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3, 4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), CDIO (пп. 4.7, 4.8, 3.1)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Мойзес О.Е.
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6В	Бальжанова Арюна Тогмитовна

Тема работы:

Исследование влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива	
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 01.06.2020 г. № 153-53/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образцы растительных нерафинированных пищевых масел, этиловый спирт, гидроксиды калия и натрия.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Литературный Обзор 1.1 Биодизельное топливо 1.2 Сырье для производства биодизельного топлива 1.3 Технологии производства биодизельного топлива 1.4 Параметры реакции переэтерификации 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Методика синтеза биодизельного топлива 2.3 Параметры реакции переэтерификации 2.4 Методики определения характеристик сырья и продуктов 3 Расчеты и аналитика 3.1 Результаты определения характеристик растительных масел 3.2 Результаты синтеза биодизельного топлива из

	<p>различного сырья</p> <p>3.3 Результаты синтеза биодизельного топлива при варьировании типа катализатора</p> <p>3.4 Результаты синтеза биодизельного топлива при варьировании параметров реакции переэтерификации</p> <p>4 Результаты проведенного исследования</p> <p>4.1 Выбор наиболее предпочтительного сырья для синтеза биодизельного топлива</p> <p>4.2 Анализ влияния типа катализатора на характеристики и выход биодизельного топлива</p> <p>4.3 Анализ влияния параметров реакции переэтерификации на характеристики и выход биодизельного топлива</p> <p>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>6 Социальная ответственность</p>
--	--

Перечень графического материала

Нет

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	к.э.н., доцент ОСГН ШБИП Якимова Т.Б.
«Социальная ответственность»	к.т.н., ассистент ООД ШБИП Сечин А.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Нет

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина М.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Бальжанова Арюна Тогмитовна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2020 г.	Введение	10
15.03.2020 г.	Литературный обзор: сырье для производства биодизельного топлива (биодизельное топливо первого, второго, третьего поколений); технологии производства биодизельного топлива; параметры реакции переэтерификации (тип катализатора, тип переэтерифицирующего агента, соотношение растительного масла и переэтерифицирующего агента, температура и время реакции переэтерификации)	15
01.04.2020 г.	Объект и методы исследования: объект исследования; методика синтеза биодизельного топлива; параметры реакции переэтерификации; методики определения характеристик сырья и продуктов (вязкости, плотности, низкотемпературных характеристик, молекулярной массы)	15
15.04.2020 г.	Расчеты и анализ: результаты определения характеристик растительных масел; результаты синтеза биодизельного топлива из различного сырья; результаты синтеза биодизельного топлива при варьировании типа катализатора; результаты синтеза биодизельного топлива при варьировании параметров реакции переэтерификации (массы катализатора, времени реакции, соотношения масло : этанол, температуры реакции)	20
01.05.2020 г.	Результаты проведенного исследования: выбор наиболее предпочтительного сырья для синтеза биодизельного топлива; анализ влияния типа катализатора на характеристики и выход биодизельного топлива; анализ влияния параметров реакции переэтерификации на характеристики и выход биодизельного топлива (массы	20

	катализатора, времени реакции, соотношения масло : этанол, температуры реакции); выбор оптимальных параметров синтеза биодизельного топлива	
20.06.2020 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность».	10
01.06.2020 г.	Выводы	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Киргина М.В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес О.Е.	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6В	Бальжанова Арюна Тогмитовна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»: оклад доцента – 35120 руб., оклад исполнителя равен минимальному размеру оклада (1 квалификационный уровень) – 12130 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– районный коэффициент – 1,3; – накладные расходы – 16 %; – норма амортизации 20 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации.
2. Планирование и формирование бюджета проекта	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта. Определение затрат на проектирование (смета затрат).
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Карта сегментирования рынка
- Матрица SWOT
- Календарный план график проведения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Бальжанова Арюна Тогмитовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6В	Бальжанова Арюна Тогмитовна

Школа	ИППР	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Исследование влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – растительное масло, биодизельное топливо, нефтяное дизельное топливо.</p> <p>Рабочая зона – химическая 134 лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета.</p> <p>Область применения – топлива для автотранспорта.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 01.04.2019); – Федеральный закон от 28.12.2013 N 426 О специальной оценке условий труда с изменениями 2019; – ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; – ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения); – СанПиН 2.2.4.548-96; – СП 52.13330.2016; – ГОСТ 12.1.003-2014; – ГОСТ 12.1.007- 76
2. Производственная безопасность: <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Химические опасные и вредные производственные факторы; – Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума; – Освещенность: отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения;

	<p>– Повышенный уровень электромагнитного излучения;</p> <p>В исследовательской лаборатории при проведении работ присутствуют вредные вещества такие, как:</p> <p>– этиловый спирт;</p> <p>– гидроксид натрия (NaOH);</p> <p>– пары нефтепродукта (дизельного топлива).</p> <p>К опасным факторам относятся:</p> <p>– горючесть, взрывоопасность и токсичность применяемых веществ;</p> <p>– наличие электротехнических устройств высокого напряжения;</p> <p>– короткое замыкание;</p> <p>– статическое электричество;</p> <p>– превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны.</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия:</p> <p>Каждому работающему с химическими веществами выдаются средства индивидуальной защиты. Проводятся инструктажи, обучения. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>Основными загрязнителями являются:</p> <p>– Нефтепродукт (дизельное топливо);</p> <p>– Гидроксид натрия (NaOH);</p> <p>– Образующиеся мыла реакции трансэтерификации.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Перечень возможных ЧС:</p> <p>– пожар;</p> <p>– взрыв;</p> <p>– разлив реагентов.</p> <p>Наиболее типичная ЧС – возникновение пожара. Для его ликвидации необходимо использовать огнетушитель, песок, асбестовое одеяло.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Сечин А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Бальжанова Арюна Тогмитовна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 106 страниц, 19 рисунков, 26 таблиц, 77 источников.

Ключевые слова: биодизельное топливо, реакция переэтерификации, растительное масло, этанол, характеристики, выход, параметры синтеза.

Объект исследования – синтез биодизельного топлива реакцией переэтерификации из различных растительных масел. **Предмет исследования** – характеристики растительных масел и получаемых биодизельных топлив, выход биодизельных топлив, а также параметры реакции переэтерификации.

Цель работы – исследование влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива.

В процессе исследования определены физико-химические и низкотемпературные характеристики растительных масел; синтезировано биодизельное топливо из различных растительных масел; определены физико-химические и низкотемпературные характеристики полученных продуктов; выбрано наиболее предпочтительное сырье для синтеза биодизельного топлива; исследовано влияние типа катализатора на характеристики и выход биодизеля; выявлены закономерности влияния параметров реакции переэтерификации на характеристики и выход биодизельного топлива; выбраны оптимальные параметры синтеза биодизеля.

Экономическая эффективность/значимость работы: выявленные закономерности влияния параметров реакции переэтерификации на характеристики и выход биодизельного топлива из подсолнечного масла позволят выбирать оптимальные параметры синтеза, что в свою очередь позволит повысить качество получаемых продуктов и снизить производственные затраты.

Оглавление

Введение	16
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	19
1.1 Биодизельное топливо.....	19
1.2 Сырье для производства биодизельного топлива.....	23
1.2.1 Биодизельное топливо первого поколения	23
1.2.2 Биодизельное топливо второго поколения	24
1.2.3 Биодизельное топливо третьего поколения	25
1.3 Технологии производства биодизельного топлива	26
1.3.1 Пиролиз	26
1.3.2 Каталитический крекинг	27
1.3.3 Микроэмульгирование	29
1.3.4 Декарбоксилирование	29
1.3.5 Переэтерификация растительных масел	29
1.3.6 Получение биодизельного топлива с использованием гетерогенных катализаторов и СВЧ-нагрева.....	34
1.3.7 Получение биодизеля из масла микроводорослей	35
1.3.8 Получение биодизельного топлива из липидов мезопелагических рыб и жиросодержащих рыбных отходов	37
1.3.9 Получение биодизельного топлива из отработанного соевого масла и гашеной извести	39
1.4 Параметры реакции переэтерификации	39
1.4.1 Тип катализатора	39
1.4.2 Тип переэтерифицирующего агента.....	40
1.4.3 Соотношение растительного масла и переэтерифицирующего агента ..	41
1.4.4 Температура и время реакции переэтерификации.....	42
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	45
2.1 Объект исследования	45
2.2 Методика синтеза биодизельного топлива	45

2.3	Параметры реакции переэтерификации	47
2.4	Методики определения характеристик сырья и продуктов	48
2.4.1	Методика определения вязкости	48
2.4.2	Методика определение плотности.....	49
2.4.3	Методика определения низкотемпературных характеристик.....	50
2.4.4	Методика определение молекулярной массы	52
3	РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	54
3.1	Результаты определения характеристик растительных масел.....	54
3.2	Результаты синтеза биодизельного топлива из различного сырья.....	54
3.3	Результаты синтеза биодизельного топлива при варьировании типа катализатора	56
3.4	Результаты синтеза биодизельного топлива при варьировании параметров реакции переэтерификации	57
3.4.1	Варьирование массы катализатора	57
3.4.2	Варьирование времени реакции	58
3.4.3	Варьирование соотношения масло : этанол.....	59
3.4.4	Варьирование температуры реакции.....	60
4	РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	62
4.1	Выбор наиболее предпочтительного сырья для синтеза биодизельного топлива.....	62
4.2	Анализ влияния типа катализатора на характеристики и выход биодизельного топлива	63
4.3	Анализ влияния параметров реакции переэтерификации на характеристики и выход биодизельного топлива.....	64
4.3.1	Анализ влияния массы катализатора.....	64
4.3.2	Анализ влияния времени реакции	64
4.3.3	Анализ влияния соотношения масло : этанол.....	65
4.3.4	Анализ влияния температуры реакции	65
4.3.5	Выбор оптимальных параметров синтеза биодизельного топлива	65

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	68
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	68
5.2 SWOT-анализ.....	69
5.3 Планирование исследовательских работ	71
5.3.1 Структура работ в рамках проводимого исследования.....	71
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	72
5.3.3 Разработка графика проведения исследования.....	73
5.4 Бюджет проводимого исследования в рамках ВКР.....	75
5.4.1 Расчет материальных затрат	75
5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование	77
5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	77
5.4.4 Дополнительная заработная плата исполнительской темы.....	79
5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	79
5.4.6 Накладные расходы	80
5.4.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта	80
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	81
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	84
6.1 Введение	84
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
6.2.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	84
6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	85
6.3 Производственная безопасность	86
6.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	86
6.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении разработки на производстве	89

6.3.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	91
6.4 Экологическая безопасность	91
6.4.1 Воздействие на атмосферу	91
6.4.2 Воздействие на гидросферу	92
6.4.3 Воздействие на литосферу	92
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
6.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	92
6.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве	93
6.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	94
Выводы	95
Список публикаций студента	97
Список использованных источников	98
Приложение А	

Введение

Интенсивное развитие экономики в современном мире требует увеличения объемов потребления моторных топлив, что влечет за собой такие последствия, как истощение невозобновляемых природных ресурсов, повышение цен на углеводородное сырье и загрязнение окружающей среды [1]. Поэтому многие развитые государства столкнулись с проблемой поиска альтернативных, возобновляемых источников энергии, способных заменить собой традиционные источники энергии.

Одним из наиболее используемых альтернативных топлив является экологически чистое и безопасное в эксплуатации биодизельное топливо, актуальность производства которого обусловлена утилизацией пищевых и производственных отходов [2]. Биодизель может применяться на автотранспорте как в чистом виде, так и в виде смеси с дизельным топливом. Биодизельное топливо – единственный альтернативный источник энергии, который подходит для всех транспортных средств с обычными дизельными двигателями [3].

Производство биодизельного топлива реакцией переэтерификации возможно из разнообразного сырья в широком диапазоне варьирования параметров синтеза. Комплексное исследование влияния параметров реакции переэтерификации на выход и характеристики биодизельного топлива, получаемого из различного сырья, является актуальной задачей.

Таким образом, **целью работы** является исследование влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить характеристики различных растительных масел – сырья для синтеза биодизельного топлива.
2. Синтезировать биодизельное топливо из различных растительных масел реакцией переэтерификации, определить выход и характеристики,

полученных биодизельных топлив, выбрать наиболее предпочтительное сырье для синтеза биодизельного топлива.

3. Исследовать влияние типа катализатора на характеристики и выход биодизельного топлива, выбрать наиболее эффективный катализатор.

4. Выявить закономерности влияние параметров реакции переэтерификации на характеристики и выход биодизельного топлива, выбрать оптимальные параметры синтеза биодизельного топлива реакцией переэтерификации.

Объектом исследования в данной работе является синтез биодизельного топлива реакцией переэтерификации из различных растительных масел.

Предметом исследования являются характеристики растительных масел и получаемых биодизельных топлив, выход биодизельных топлив, а также параметры реакции переэтерификации.

Научная новизна работы:

1. Показано, что наиболее эффективным катализатором реакции переэтерификации является NaOH. Применение данного катализатора, по сравнению с катализатором KOH, позволят увеличить скорость синтеза, снизить температуру реакции и соотношение масло : этанол, а также получить более высокий выход биодизельного топлива, характеризующегося лучшими низкотемпературными характеристиками и меньшей вязкостью.

2. Установлено, что увеличение времени реакции переэтерификации рационально проводить до 1 ч, увеличение концентрации катализатора – до 2 % от массы масла. Дальнейшее увеличение времени реакции и концентрации катализатора приводит к уменьшению выхода, а также увеличению вязкости и плотности биодизельного топлива в следствие образования продуктов омыления.

3. Показано, что увеличение соотношения масло : этанол приводит к улучшению физико-химических характеристик биодизельного топлива, однако, одновременно с этим, приводит к снижению выхода из-за

затрудненного разделения продуктов. Увеличение температуры реакции рационально проводить до 45 °С, так как дальнейшее повышение температуры приводит к снижению выхода биодизельного топлива в следствии повышенного образования продуктов омыления и испарения используемого спирта.

Практическая значимость работы:

Показано, что наиболее предпочтительным сырьем для синтеза биодизельного топлива с точки зрения физико-химических характеристик, выхода целевого продукта и экономики является подсолнечное масло.

Установлено, что оптимальными параметрами синтеза биодизельного топлива реакцией переэтерификации, при которых наблюдается наибольший выход целевого продукта с приемлемыми физико-химическими характеристиками являются следующие: температура реакции – 45 °С, соотношение масло : этанол – 1 : 6, концентрация катализатора – 2 % от массы масла и время реакции – 1 ч.

Выявленные закономерности влияния параметров реакции переэтерификации на характеристики и выход биодизельного топлива из подсолнечного масла позволят выбирать оптимальные параметры синтеза, что в свою очередь позволит повысить качество получаемых продуктов и снизить производственные затраты.

Апробация работы:

Основные положения работы были представлены на XX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке», II Международной научно-практической конференции «Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса», 14 th International Forum on Strategic Technology (IFOST 2019).

1 Литературный обзор

1.1 Биодизельное топливо

Биодизельное топливо (биодизель, БиоДТ) – один из самых распространенных видов альтернативного топлива, характеризующийся экологической чистотой, наличием возобновляемых сырьевых ресурсов и безопасностью в эксплуатации. Производство БиоДТ является способом утилизации бытовых и производственных отходов, например, отработанных масел.

БиоДТ применяется в обычных двигателях внутреннего сгорания как в чистом виде, так и в виде различных смесей с дизельным топливом. Самым распространенным соотношением является смесь 20 % БиоДТ и 80 % дизельного топлива (марка топлива B20) [4].

БиоДТ обладает примерно одинаковым с дизельным топливом энергетическим потенциалом, при этом имеет ряд существенных преимуществ: практически не содержит серы и ароматических соединений, в связи с чем в выхлопных газах практически полностью отсутствуют оксиды серы и полициклические ароматические углеводороды [5]. БиоДТ менее токсично по сравнению с дизельным топливом и при попадании в почву или воду разлагается в течение месяца с образованием экологически безвредных продуктов, что свидетельствует о минимизации загрязнения рек и озер. Также использование БиоДТ значительно снижает количество несгоревших углеводородов, окиси углерода и твердых примесей. Для БиоДТ цетановое число в среднем составляет не менее 51, тогда как для минерального дизельного топлива – 42-45. Это позволяет применять его в дизельных двигателях без прочих веществ (присадок), стимулирующих воспламенение. БиоДТ имеет более высокую температуру воспламенения (выше 100 °C), что делает его более безопасным по сравнению с нефтяным топливом [6].

Применение БиодТ в качестве смесового компонента традиционного дизельного топлива не требует модификации обычного двигателя внутреннего сгорания в отличие от других видов альтернативного топлива.

БиодТ характеризуется хорошими смазочными свойствами, что отражается на работе двигателя – производится смазывание его подвижных частей, в результате которой увеличивается срок службы двигателя и топливного насоса [7].

С химической точки зрения, БиодТ – топливо, состоящее из моноалкильных эфиров жирных кислот [8]. В стандартной технологии моноэфиры образуются в результате реакции переэтерификации липидных компонентов, т.е. жиров, в спиртовой среде.

Группу липидов образуют нерастворимые в воде (гидрофобные) вещества однотипного молекулярного строения – жиры, фосфолипиды, стероиды и т.д. Молекулы этих веществ, называемых триглицеридами, представляют собой остаток трехатомного спирта (глицерина), в котором гидроксильные группы замещены (этерифицированы) жирными кислотами. Схема строения триглицерида представлена на Рисунке 1.1 [9]. Радикалы жирных кислот обозначены на рисунке как R_1 , R_2 , R_3 . Различные индексы в обозначении радикалов использованы потому, что в общем случае один и тот же триглицерид, входящий в состав жиров, объединяет в себе различные жирные кислоты, которые могут быть насыщенными, моновенасыщенными и полиненасыщенными (Таблица 1.1) [10].

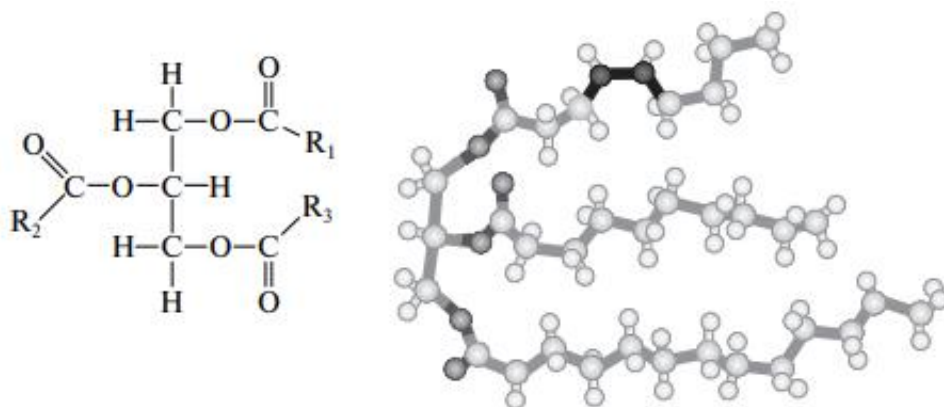


Рисунок 1.1 – Схематическое изображение триглицерида и пример смешанного триглицерида [9]

Таблица 1.1 – Физические свойства насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, присутствующих в триглицеридах природных масел и жиров

Тривиальное название	Систематическое название	Число атомов углерода	Молекулярная масса	Температура, °С	
				Плавления	Кипения (кПа)
Масляная кислота	Бутановая кислота	4	88,11	-5	163,5 (101,3)
Капроновая кислота	Гексановая кислота	6	116,16	-3	162,5 (101,3)
Каприловая кислота	Октановая кислота	8	144,21	16	205,8 (101,3)
Каприновая кислота	Декановая кислота	10	172,27	32	239,7 (101,3)
Лауриновая кислота	Додекановая кислота	12	200,32	43	270,6 (101,3)
Миристиновая кислота	Тетрадекановая кислота	14	228,38	54	298,9 (101,3)
Пальмитиновая кислота	Гексадекановая кислота	16	256,43	62	309,0 (68,3)
Стеариновая кислота	Октадекановая кислота	18	284,48	69	332,6 (68,3)
Арахидиновая кислота	Эйкозановая кислота	20	312,54	75	355,2 (68,3)
Бегеновая кислота	Докозановая кислота	22	340,59	81	—
Фитановая кислота	Тетракозановая кислота	24	368,64	84	—

Продолжение Таблицы 1.1

Пальмитолеиновая кислота	9-гексадеценовая кислота	16	254,41	0	—
Олеиновая кислота	9-октадециленовая кислота	18	282,47	13	334,7 (53,3)
Вакценовая кислота	11-октадециленовая кислота	18	282,47	7	—
Гадолиновая кислота	9-эйкозановая кислота	20	310,5	25	—
Эруковая кислота	13-докозановая кислота	22	338,57	33	—
Линолевая кислота	9,12-октадекадиеновая кислота	18	280,45	-9	230,0 (2,1)
α -линолевая кислота	9,12,15-линоленовая кислота	18	278,44	-17	230,0 (2,3)
γ -линолевая кислота	9,12,15-линоленовая кислота	18	278,44	—	—
Арахидоновая кислота	5,8,11,14-эйкозатетраеновая кислота	20	304,47	-50	—
Эйкозапентаеновая кислота	5,8,11,14,17-эйкозапентаеновая кислота	20	302,44	—	—

Триглицериды с тремя идентичными остатками жирных кислот называются простыми триглицеридами, в то время как триглицериды с различными остатками жирных кислот называются смешанными триглицеридами. В общем случае в растительных маслах содержится большее количество ненасыщенных кислот, в то время как в животных жирах содержится больше насыщенных жирных кислот [10].

1.2 Сырье для производства биодизельного топлива

На сегодняшний день имеется множество вариаций сырья для производства БиодТ, в направлении поиска новых, возобновляемых источников сырья для производства БиодТ ведутся исследования по всему миру.

В зависимости от вида используемого сырья выделяют БиодТ первого, второго и третьего поколений.

1.2.1 Биодизельное топливо первого поколения

Для производства БиодТ первого поколения в качестве сырья применяются сельскохозяйственные культуры – пшеница, рапс, соя, подсолнечник, кукуруза, сахарная свекла, из которых получают масла для дальнейшей переработки. Спектр сырьевых растительных масел включает в себя не только пищевые масла, но и несъедобные или малопригодные в пищу. Лидирующие в производстве БиодТ страны используют в качестве сырья в основном рапс (Евросоюз), сою (США, Аргентина, Бразилия) и масличную пальму (Малайзия, Филиппины) [11].

Растительные масла обладают достаточно высокой теплотворной способностью и по своим физико-химическим свойствам в значительной степени соответствуют условиям работы дизельного двигателя. Но в зависимости от состава масел, их физико-химических характеристик качественные показатели БиодТ могут существенно разниться.

Недостатком использования растительных масел в качестве сырья является увеличение площадей сельскохозяйственных угодий. Для выращивания масличных культур требуются качественные пахотные площади, потенциал которых во многих регионах мира весьма ограничен. В результате выращивания масличных растений для производства БиоДТ сокращается количество посевных площадей, используемых для возделывания продовольственных культур, что приводит к росту цен на продукты питания [12].

Еще одним недостатком сельскохозяйственного сырья является его высокая стоимость. Значительные затраты на получение масличных культур обусловлены необходимостью использования сельскохозяйственной техники, пестицидов, удобрений, проведения регулярных работ по восстановлению плодородия почв, селекционных и генно-инженерных работ для увеличения урожайности. Большие затраты на производство сырья определяют высокую стоимость продукта – БиоДТ.

В связи с экономическими и экологическими проблемами, связанными с производством БиоДТ первого поколения, все большую актуальность приобретает производство биотоплива из сырья непищевого назначения, т.е. БиоДТ второго и третьего поколений.

1.2.2 Биодизельное топливо второго поколения

К БиоДТ второго поколения относят топливо, произведенное из различных отходов (коммунально-бытовых, пищевой промышленности, сельского хозяйства). Такой вид производства позволяет не только избежать конкуренции с пищевым сектором экономики, но и частично решить проблему утилизации отходов различных производств. Также ввиду отсутствия затрат на производство исходного сырья стоимость БиоДТ второго поколения будет снижаться [13].

Одним из перспективных видов сырья для производства БиоДТ второго поколения являются жиры, непригодные в пищу (отработанные

пищевые жиры и масла, также жиросодержащие отходы, которые можно выделить из сточных вод городов). Кроме того, в результате деятельности человека накапливаются большие количества иных органических отходов, загрязняющих окружающую среду. Поэтому производство БиоДТ из различных отходов один из наиболее перспективных путей их переработки.

1.2.3 Биодизельное топливо третьего поколения

БиоДТ третьего поколения получают из биомассы микроводорослей или гетеротрофных микроорганизмов. Выделение БиоДТ третьего поколения обусловлено тем, что используемое сырье не является пищевым источником и не может быть отнесено к отходам. По сравнению с сельскохозяйственными культурами высших растений продуктивность микроводорослей в десятки, а иногда и в сотни раз выше.

Для промышленного производства сейчас используются ограниченное число видов микроводорослей, поэтому исследователи продолжают поиск штаммов, перспективных в отношении скорости роста и содержания липидов. Вместе с тем предложены методы генетического модифицирования, особенно актуальные для быстрорастущих штаммов микроводорослей, но с низким содержанием липидов. Так, получен модифицированный штамм хлореллы – водоросли, широко используемой для масштабного культивирования, с высоким содержанием липидов [14].

Для выращивания микроводорослей используют открытые и закрытые пруды, а также биореакторы. Затраты на создание и поддержание открытых прудов относительно невелики, однако при этом невысок выход биомассы. Эффективное культивирование водорослей в открытых водоемах возможно лишь в регионах с теплым климатом и интенсивной инсоляцией. Технологии выращивания микроводорослей в биореакторах позволяют достичь существенно большего выхода биомассы, но отличаются большими затратами на создание и поддержание таких систем. В биореакторах наряду с

необходимостью рециркуляции и газообмена культивационной среды следует поддерживать оптимальную температуру.

Существенным недостатком микроводорослей как сырья для БиоДТ является высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот в липидах, что приводит к снижению окислительной стабильности и ухудшению некоторых других топливных характеристик.

Несмотря на высокую продуктивность многих штаммов микроводорослей, стоимость масла из их биомассы очень высока, в несколько раз выше стоимости масел сельскохозяйственных культур. Наиболее затратная технологическая операция – сбор биомассы микроводорослей и ее подготовка к переработке в БиоДТ, заключающийся в различных комбинациях центрифугирования, химической флокуляции и фильтрования [15]. Производство БиоДТ из биомассы микроводорослей считается очень перспективным с экологической и социальной точек зрения, что служит стимулом к поиску и развитию технологий, позволяющих снизить его стоимость. Путем к снижению стоимости является промышленное масштабирование выращивания микроводорослей, использование миксотрофных культур водорослей, обладающих более высокими скоростями роста, а также способных расти на различных отходах.

1.3 Технологии производства биодизельного топлива

На сегодняшний день существуют такие технологии производства БиоДТ как пиролиз, каталитический крекинг, микроэмульгирование, декарбоксилирование, переэтерификация натуральных масел и жиров.

1.3.1 Пиролиз

Пиролиз – процесс разрыва химических связей при термической обработке. Пиролиз растительных масел и жиров включает крекинг триглицеридной структуры до алканов, алкенов и жирных кислот. Также

путем реакции Дильса-Альдера можно получить ароматические углеводороды [16].

Механизм пиролиза масел и жиров достаточно сложен вследствие одновременного протекания большого количества реакций. Тем не менее, процесс пиролиза обычно осуществляется по свободно-радикальному или карбоний-ионному механизму.

Путем изменения технологических параметров (температура, время обработки) удастся в широких пределах изменять химический состав продуктов и регулировать выходы биотопливных фракций. Современные технологии пиролиза биомассы могут быть разделены по таким характерным признакам, как скорость нагрева (быстрый, медленный пиролиз); среда, в которой происходит пиролиз (вакуумный, гидропиролиз, метанопиролиз).

Недостатком данной технологии является снижение числа атомов углерода в молекуле продукта, вследствие чего происходит снижение энергосодержания за счет формирования более легких углеводородов [17].

1.3.2 Каталитический крекинг

Каталитический крекинг – процесс, при котором тяжелые молекулы углеводородов распадаются на легкие молекулы при прохождении через соответствующий катализатор (обычно при нагреве).

Особое внимание уделяется превращениям растительных масел на цеолитсодержащих катализаторах [18]. Выбор цеолитного компонента катализатора во многом определяет состав целевых продуктов крекинга. В работах [19, 20], посвященных исследованию превращения различных видов растительных масел в условиях каталитического крекинга, было показано, что активность и селективность цеолитсодержащих катализаторов определяется кислотностью, размером и формой пор каналов цеолитов, входящих в состав катализаторов.

При превращении сырья растительного происхождения, как и в случае переработки нефтяного сырья, состав и выход целевых продуктов крекинга

будет во многом зависеть от условий осуществления процесса. Так, основными параметрами каталитического крекинга являются температура и соотношение катализатор : сырье [21]. С увеличением температуры повышается скорость распада углеводородных фрагментов триглицеридов и скорость вторичных реакций, в результате чего растет выход непредельных углеводородов, а выход бензина уменьшается. С увеличением соотношения катализатор : сырье возрастает средняя активность катализатора, что приводит к повышению доли легких олефинов. Таким образом, варьируя данные параметры, можно контролировать такие показатели процесса, как глубина превращения сырья, выход целевых продуктов и их качество.

Каталитический крекинг нефтяного сырья обычно осуществляется при температурах 500-530 °С. Однако переработка растительных масел в этих условиях нецелесообразна вследствие высокой реакционной способности непредельных соединений [22]. Высокие температуры процесса приводят к существенному увеличению вклада вторичных превращений. Вследствие высокой реакционной способности олефинов, содержащихся в первичных полупродуктах крекинга растительных масел, увеличивается выход газообразных продуктов, кокса и снижается выход жидких продуктов.

Состав продуктов, образующихся в условиях крекинга, в большой степени зависит и от структуры углеводородного остатка жирных кислот исходных триглицеридов растительных масел, т.е. от природы растительных масел, однако литературный обзор показал отсутствие подобных исследований [23].

Авторами работы [24] был предложен механизм превращения растительных масел в условиях крекинга, согласно которому начальной стадией является их термическое разложение с образованием тяжелых кислородсодержащих соединений, преимущественно одноосновных жирных кислот. Получаемые продукты подвергаются деоксигенации с образованием CO, CO₂, H₂O и углеводородного остатка. В работе [25] были получены результаты, согласующиеся с описанным выше механизмом: на начальной

стадии крекинга происходит полное превращение триглицеридов масел с образованием неорганических продуктов (CO , CO_2 , H_2O) и углеводородных остатков, состав которых зависит от состава исходных триглицеридов.

1.3.3 Микроэмульгирование

Микроэмульсия представляет собой термодинамически стабильный коллоидный раствор воды, масла и поверхностно-активного вещества (ПАВ). Диаметр каплей в микроэмульсии находится в диапазоне 1-150 нм. Коллоидный раствор растительного масла, спирта и ПАВ используется в качестве БиоДТ. В частности, было обнаружено, что свойства микроэмульсий, состоящих из растительных масел и метанола, очень близки к свойствам дизельного топлива. Тем не менее, в некоторых исследованиях были обнаружены значительные отложения сажи на форсунках и выпускных клапанах двигателей [26] при использовании подобного топлива.

1.3.4 Декарбоксилирование

Парафиновые дизельные топлива могут быть произведены путем селективного дезоксигенирования натуральных масел и жиров, эфиров жирных кислот и жирных кислот. Кислород из молекул триглицеридов удаляется методом декарбоксилирования в жидкой фазе и/или методом декарбонилирования, что приводит к образованию линейных углеводородов. Следует отметить, что парафиновые углеводороды имеют относительно высокие точки плавления, что оказывает отрицательное влияние на свойства топлива при низких температурах [27].

1.3.5 Перезтерификация растительных масел

В настоящий момент подавляющий объем БиоДТ производится методом перезтерификации (алкоголизом) растительных масел и жиров до эфиров жирных кислот.

На Рисунке 1.2 [28] схематично изображены основные стадии традиционного каталитического процесса получения БиоДТ.

Процесс производства БиоДТ условно можно разделить на четыре основных этапа [29]:

- процесс переэтерификации;
- сепарация;
- рекуперация спирта;
- очистка готового продукта.

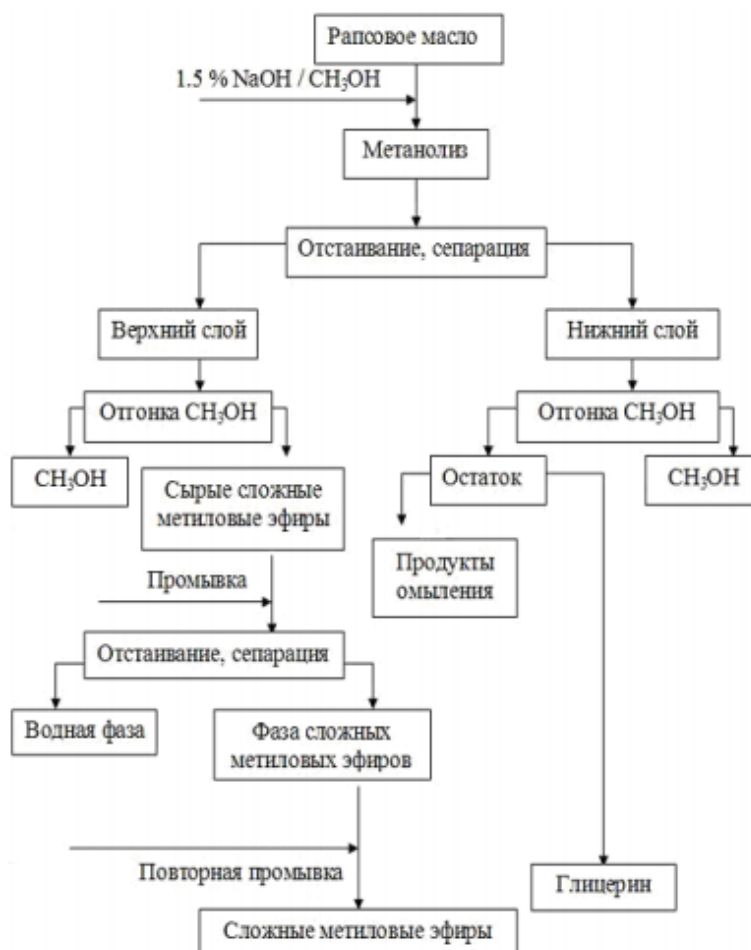


Рисунок 1.2 – Блок-схема производства БиоДТ [28]

Процесс переэтерификации проходит путем реакции спирта (метанол или этанол) с триглицеридами жирных кислот в присутствии катализатора с получением сложного метилового (этилового) эфира жирных кислот и глицерина, являющегося побочным продуктом реакции [30].

Сырой БиоДТ отделяют от глицерина, спирта и мыла. Омыление чаще всего возникает из-за высокого содержания свободных жирных кислот в масле (более 0,5 % мас.) и наличия воды. Наличие мыла в продукте реакции приводит к увеличению вязкости, образованию геля и препятствует

отделению глицерина от эфиров жирных кислот. Мыло в камере сгорания образует нагар, смолы, а также может засорить фильтр. Для того чтобы избежать мылообразования в щелочной переэтерификации, масло должно быть полностью обезвожено (содержание воды не более 0,06 % мас.) и содержать не более 0,5 % мас. свободных жирных кислот. Избыток спирта, отделенный от БиоДТ может быть повторно использован.

Как правило, переэтерификация – обратимая реакция, состоящая из трех последовательных и обратимых реакций, где формируются диглицериды жирных кислот и моноглицериды жирных кислот в качестве промежуточных продуктов (Рисунок 1.3) [31].

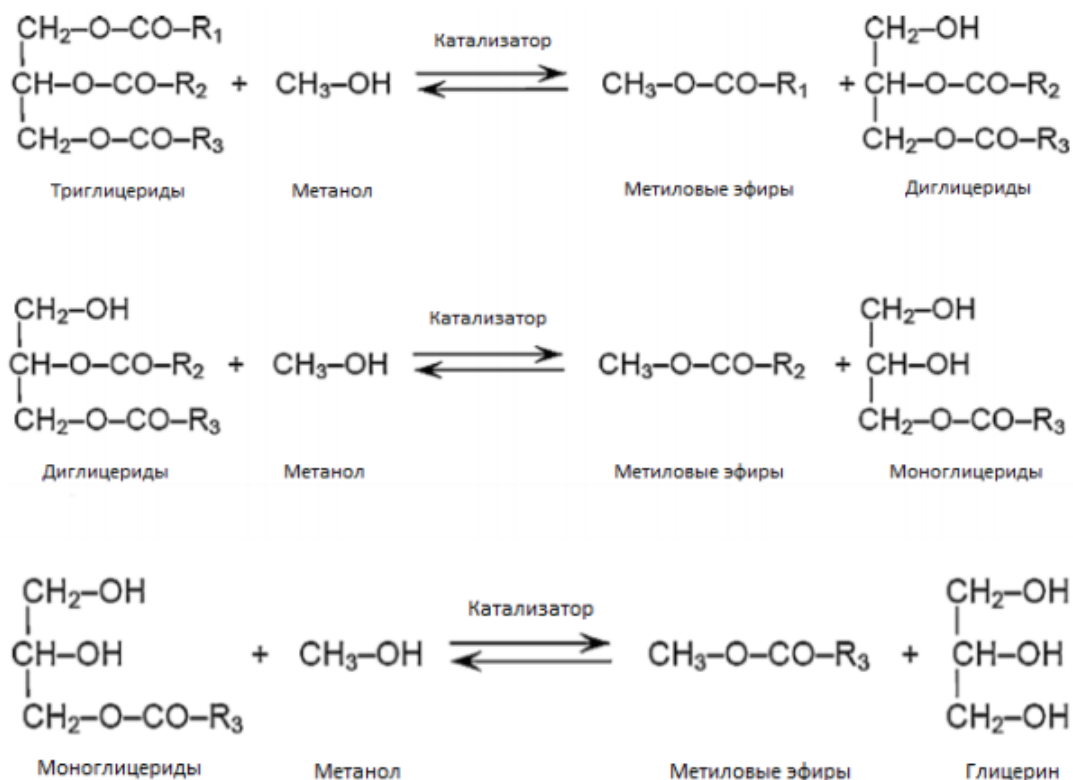


Рисунок 1.3 – Три обратимые и последовательные реакции в переэтерификации триглицеридов жирных кислот [31]

В этой реакции, одна из алкоксильных групп в триглицеридах жирных кислот заменяется другой алкоксильной группой в спирте для формирования нового сложноэфирного соединения, которым является алкиловый эфир жирной кислоты (RCOOCH_3). После того, как заменяются все три алкоксильные группы, имеющиеся в триглицеридах жирных кислот, формируются три моля алкиловых эфиров жирных кислот и один моль

молекулы глицерина. Поскольку эти реакции обратимы, то большее количество спирта, чем требуется по стехиометрии уравнения, приводит к увеличению выхода эфиров жирных кислот [32].

Ввиду большой разности плотностей эфиров жирных кислот и глицерина, процесс разделения чаще всего осуществляется сепарированием готового продукта. Сепарирование может быть осуществимо на центробежных сепараторах или гидроциклонах, откуда отдельно в емкости для сбора продукта поступают глицерин и БиоДТ.

Как видно из реакции (Рисунок 1.3), для осуществления реакции необходимо 3 моля спирта. Чтобы сдвинуть реакцию в сторону образования большего количества метиловых (этиловых) эфиров жирных кислот, необходим избыток спирта. Поэтому при производстве БиоДТ целесообразно применять технологию рециркуляции спирта путем испарения. Процесс происходит в специальных испарителях, в которых создается разрежение вакууммированием. Вначале БиоДТ подогревают до определенной температуры, затем отводят пары спирта в конденсатор. В конденсаторе пары спирта охлаждаются и конденсируются, затем сконденсировавшийся спирт перекачивается в реактор с целью его повторного использования в ходе реакции [33].

Для удаления калия или натрия, следов глицерина и воды из сырого БиоДТ используют катионно-ионообменные смолы.

Принципиальная схема промышленного комплекса получения БиоДТ с использованием щелочного катализатора приведена на Рисунке 1.4 [34].

Для реакции переэтерификации, катализируемой щелочью, конверсия триглицеридов жирных кислот в БиоДТ достигает значения в 98% и выше. Однако для получения столь высоких значений концентраций метиловых эфиров жирных кислот в продукте реакции приходится столкнуться с рядом проблем. Помимо того, что данный процесс может привести к омылению, он еще и достаточно энергозатратен. Продолжительность реакции достаточно велика – 1-20 часов. Есть необходимость в отделении продукта реакции от

гомогенного катализатора и побочных продуктов. Все эти факторы снижают рентабельность БиодТ по сравнению с нефтяным дизельным топливом.

К еще одной слабой стороне данного метода стоит отнести малую чистоту глицерина. Для получения глицерина высокой чистоты (98%) необходимы дополнительные затраты. После его дополнительной очистки глицерин можно использовать для производства различных моющих средств. После глубокой очистки получают фармакопейный глицерин, пользующийся спросом в фармакологии. Добавляя фосфорную кислоту к техническому глицерину, можно получить фосфорные удобрения, которые нашли применение в сельском хозяйстве [35]. Таким образом, увеличение выхода качественного глицерина в процессе получения БиодТ может снизить себестоимость самого топлива.

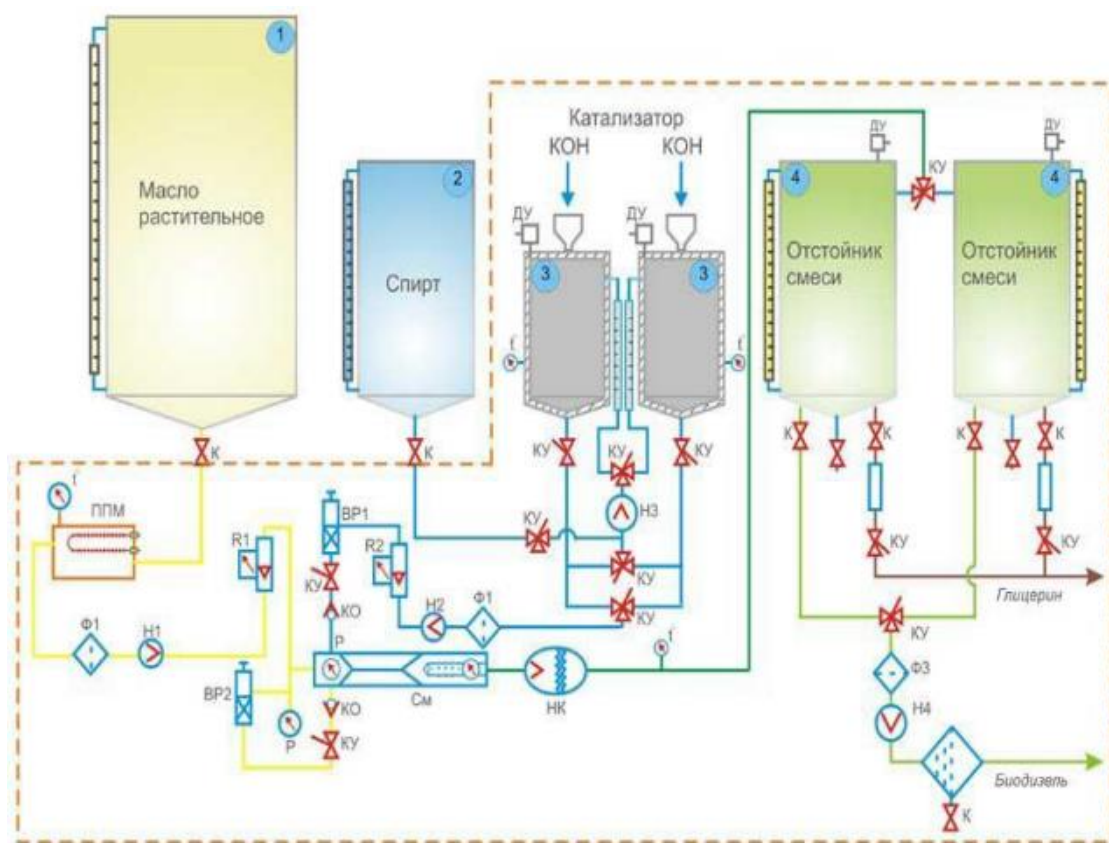


Рисунок 1.4 – Схема получения БиодТ в потоке [34]

К – краны шаровые неуправляемые; КУ – краны шаровые управляемые; ППМ – проточный маслонагреватель; Ф – фильтр сетчатый; Н – насос; R – расходомер (ротаметр); ВР – вентиль регулирующий; КО – клапан обратный; См – смеситель гидродинамический; НК – смеситель гидромеханический; Р – датчики давления; t° – датчик температуры; ДУ – датчик уровня

В настоящее время ведутся исследования по поиску устранения имеющихся недостатков БиоДТ путем разработок альтернативных путей осуществления реакции переэтерификации [36].

1.3.6 Получение биодизельного топлива с использованием гетерогенных катализаторов и СВЧ-нагрева

Альтернативной является технология получения БиоДТ с использованием мезо- и макроструктурированных блочных алюмосиликатных катализаторов и СВЧ-нагрева [37].

В отличие от традиционного каталитического метода, использующего в качестве катализаторов гомогенные вещества, в данном методе используются гетерогенные алюмосиликатные катализаторы с высокоразвитой пористой структурой.

Исходное сырье (99,9%-ный этанол и растительное масло) смешиваются в аппарате вихревого слоя ферромагнитных частиц. В данном аппарате в результате кратковременного интенсивного перемешивания и диспергирования, а также акустической, электромагнитной обработки и электролиза образуется устойчивая масло-спиртовая эмульсия, содержащая в своем составе однородные капли.

Полученная эмульсия подается в реактор для проведения реакции переэтерификации. Внутренний объем реактора заполнен блочным алюмосиликатным катализатором. Нагрев производится путем воздействия на реагенты электромагнитными волнами сверхвысокой частоты (СВЧ). Прореагировавшая смесь проходит сепарацию для отделения глицериновой фракции. Далее смесь, содержащая этиловые эфиры жирных кислот и непрореагировавший этанол поступает на промывку водой для полного удаления глицерина. При помощи вакуум-выпарной сепарации происходит разделение на непрореагировавший этанол и БиоДТ [38].

Принципиальная схема получения БиоДТ с использованием гетерогенных катализаторов представлена на Рисунке 1.5 [37].

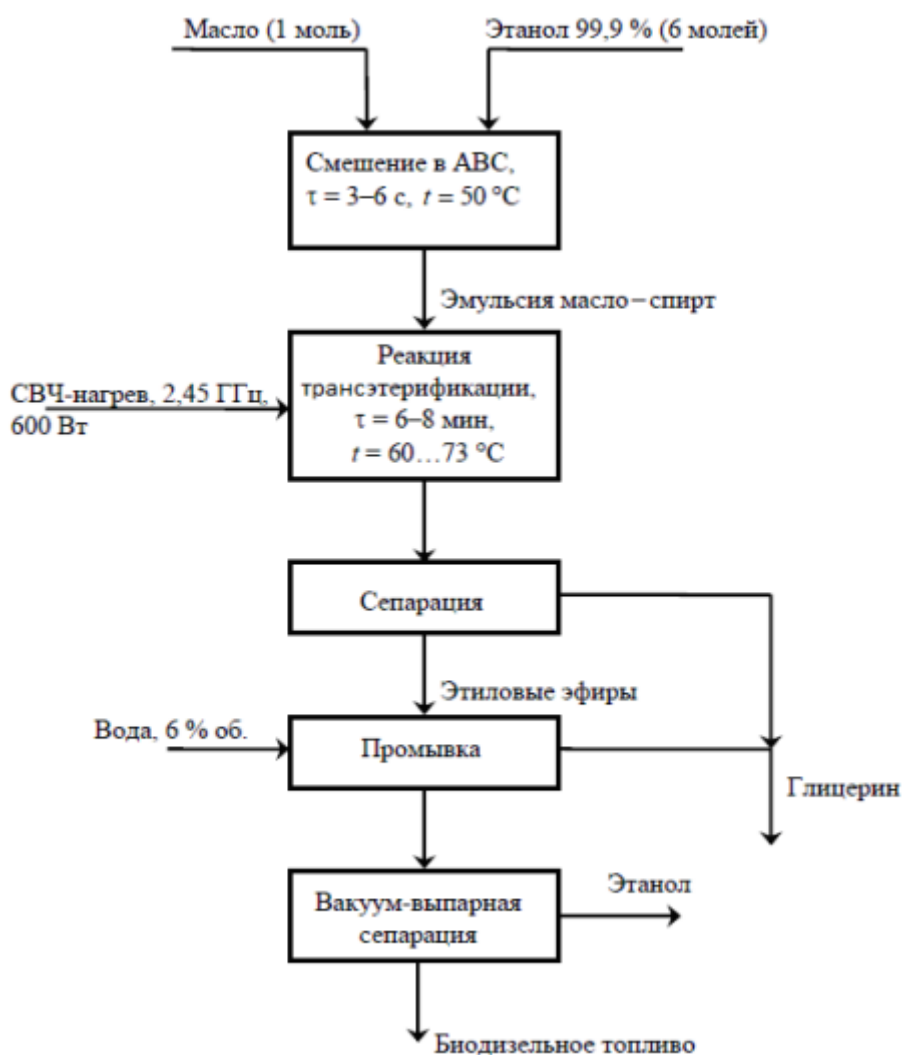


Рисунок 1.5 – Принципиальная схема получения БиодТ с применением гетерогенных катализаторов и СВЧ-нагрева [37]

1.3.7 Получение биодизеля из масла микроводорослей

Данная технология получения БиодТ основана на использовании микроводорослей с высоким содержанием масла в качестве основного источника сырья. Выращивание микроводорослей возможно производить как в открытых водоемах, так и в бассейнах и специальных фотобиореакторах. Плюсом использования фотобиореакторов является малая занимаемая площадь. При выращивании микроводорослей на открытой местности необходима высокая температура, т.е. повсеместное разведение водорослей невозможно.

Получение большого количества масла из водорослей способно ускорить выработку БиодТ традиционным каталитическим способом, а

также снизить его себестоимость, за счет возможности получения масла непосредственно на предприятии.

Так, компанией «Биодизель Днипро» разработан метод получения большого количества биомассы из микроводорослей в фотобиореакторах за короткий промежуток времени с дальнейшей переработкой ее в биотопливо [39]. Суть метода: насыщенные углекислым газом семена водорослей попадают в фотобиореакторы, заполненные водой определенного химического состава, способствующего максимальному темпу роста микроводорослей с накоплением большого количества маслянистой жидкости. Высокий темп роста микроводорослей также обусловлен и оптимально выбранным освещением, способствующим эффективному фотосинтезу. Затем полученную смесь отделяют от воды, высушивают и отжимают до получения масла (Рисунок 1.6) [39].



Рисунок 1.6 – Технологическая схема процесса получения масла из микроводорослей [39]

Получаемая в процессе биомасса смешивается с мелкоизмельченной ряской и подается в емкость со специально разработанным компанией катализатором. Биомасса и катализатор в дальнейшем подаются в кавитатор, в котором происходит тщательное перемешивание. Получаемая углеводородная смесь близка по структуре к нефти. Затем смесь проходит стадию биокаталитического крекинга с последующим разделением на топливные фракции. В итоге получают 80 % синтетического дизельного топлива, 10 % бензина, 10 % керосина.

Полученное топливо может быть использовано как в чистом виде для двигателей внутреннего сгорания, так и в виде смесового компонента.

1.3.8 Получение биодизельного топлива из липидов мезопелагических рыб и жиросодержащих рыбных отходов

Как отмечалось ранее, для реакции переэтерификации в качестве исходного сырья могут быть использованы не только растительные масла, но и животные жиры – природные жиры, которые извлекают из жировых тканей позвоночных видов животных, а также рыб и птиц.

Авторами работы [40] была проведена реакция переэтерификации из липидов мезопелагических рыб (анчоус, килька, корюшка).

Этапы данного метода следующие:

- выловленных мезопористых рыб прессуют под давлением 0,2-0,3 МПа в течение 20 минут;
- из полученной биомассы под давлением 0,5-1,0 МПа получают рыбий жир;
- проводят реакцию ферментативного гидролиза при наличии протеазы при температуре 60 °С в течение 30 минут;
- в полученную липидную фракцию в соотношении 1 : 0,1 вводят обезвоженный 30 %-ный раствор CH_3OK (метилата калия) или CH_3ONa (метилата натрия) в метаноле;
- проводится процесс переэтерификации при температуре 65 °С в течение 45 минут при атмосферном давлении с выделением фазы БиодТ и глицерина.

Использование обезвоженного CH_3OK или CH_3ONa в метаноле позволяет за одну ступень проводить процесс переэтерификации и, тем самым, избегать защелачивания фазы, содержащей в своем составе метиловые эфиры жирных кислот.

Авторами работы [41] предложено проводить реакцию переэтерификации из жиросодержащих рыбных отходов, а именно из внутренних органов сайки. Для этого извлечение жира из внутренних органов сайки производилось путем вытапливания в течение 40 минут при

температуре 60-80 °С. Полученный рыбий жир имел высокое содержание воды (0,9 % мас.). Кислотное число составляло 1,65 мг КОН/г. Для осуществления реакции переэтерификации кислотное число должно быть менее 1,0. Поэтому перед проведением реакции переэтерификации необходимо снизить значение кислотного числа, а также избавиться от примесей воды. Кислотное число рыбьего жира снижали путем нейтрализации с NaOH.

После нейтрализации, жир, содержащий мыло и остатки щелочи промывали 10 %-м раствором соли и воды в соотношении 1 : 1 в течении 90 минут. Далее методом отстаивания отделяли жиры от раствора. Остатки воды из жира удаляли путем кратковременного испарения, чтобы предотвратить гидролиз жиров, который может привести к образованию мыла.

Очищенный от примесей рыбий жир направлялся на переэтерификацию с добавлением 25 % этилового спирта (96 % об.) и катализатора – 0,75 % сухой щелочи NaOH. Температура реакции составляла 60 °С, продолжительность – 60 минут при атмосферном давлении. К концу реакции содержание этиловых эфиров жирных кислот в продукте достигало 80 %. В общем виде химическая реакция, проводимая между очищенным жиром сайки и этанолом, с добавлением катализатора NaOH показана на Рисунке 1.7 [41].

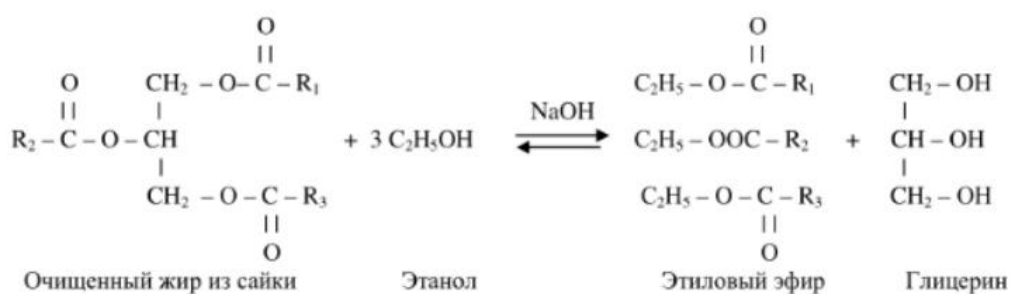


Рисунок 1.7 – Протекание реакции переэтерификации между очищенным жиром сайки и этанолом, где R₁, R₂, R₃ – радикалы триглицеридов жирных кислот [41]

1.3.9 Получение биодизельного топлива из отработанного соевого масла и гашеной извести

Мексиканскими учеными [42] был разработан новый способ получения БиодТ, использующий отработанное соевое масло из ресторанов быстрого питания и гидроксид кальция (гашеная известь), являющийся побочным продуктом промышленности, связанной с очисткой нефти. Для этого авторы к отработанному соевому маслу добавляли метиловый спирт и гашеную известь. Реакцию проводили в течение 2 часов при температуре 60 °С. Концентрация метиловых эфиров жирных кислот в продукте достигла 99 %. Однако, после третьего использования той же гашеной извести выход целевого продукта снизился до 60 %.

1.4 Параметры реакции переэтерификации

Для достижения высокого выхода БиодТ необходимо оптимизировать множество каталитических переменных, таких как тип катализатора и его состав, тип носителя и условия предварительной обработки (например, температура и времени прокаливании и т.д.). Кроме того, существует множество рабочих условий, требующих корректировки, такие как температура и время протекания реакции, тип переэтерифицирующего агента (спирта), молярное отношение спирт : масло, скорость перемешивания.

1.4.1 Тип катализатора

Реакция переэтерификации может быть катализирована гомогенными щелочными катализаторами, таким как гидроксид натрия (NaOH), метоксид натрия (NaOCH₃), гидроксид калия (KOH), или гомогенными кислотными катализаторами, таким как серная кислота (H₂SO₄) или соляная кислота (HCl) [43]. Гомогенные катализаторы щелочного типа считаются более предпочтительными, несмотря на то, что применение данного типа катализатора вызывает омыление продуктов. Омыление приводит к

повышению расхода катализатора, снижению выхода БиоДТ и усложнению процессов разделения полученных продуктов.

Кислотные катализаторы по сравнению с щелочными не приводят к омылению, однако характеризуются более низкой скоростью реакции [44]. В связи с чем для достижения желаемой конверсии требуется более высокие температуры и давления.

Помимо перечисленных, также применяются такие гетерогенные катализаторы как карбонаты щелочных металлов (Na_2CO_3 , K_2CO_3), карбонаты щелочноземельных металлов (CaCO_3), оксиды щелочноземельных металлов (CaO , MgO , SrO , BaO) и другие оксиды, такие как ZnO [44].

В настоящее время внимание научного сообщества привлекают зеленые биокатализаторы, благодаря своим энергоэффективным ферментативным свойствам. В работах [45] установлено, что с помощью иммобилизации или в жидкой фазе высокие выходы могут быть достигнуты с помощью липазных ферментов. Ферментативный процесс может легко сочетаться с новейшими технологиями (например, ультразвуковыми), работать в непрерывном режиме с использованием различных конструкций реакторов. Применение метагеномики в ферментных технологиях открывает широкие перспективы для развития стабильных и устойчивых к растворителям биокатализаторов для производства БиоДТ [45].

1.4.2 Тип переэтерифицирующего агента

Для реакции переэтерификации обычно используют такие спирты как метанол, этанол, пропанол, бутанол, пентанол и амиловый спирт [46].

В большинстве существующих методик в качестве переэтерифицирующего агента применяется метиловый спирт, являющийся токсичной жидкостью третьего класса опасности, оказывающий поражающее действие на нервную и сосудистую систему человека при попадании в организм через дыхательные пути или кожный покров. Поэтому в целях безопасности целесообразно использовать этиловый спирт, который, кроме

того, является более доступным сырьевым компонентом. Однако производство БиоДТ с использованием этанола не получило распространения вследствие высокой растворимости получаемых эфиров в данном спирте, что затрудняет выделение целевых продуктов реакции и приводит к более низкому выходу конечного продукта.

И метанол, и этанол имеют свои преимущества и недостатки. Например, реакция с метанолом проходит быстрее при более низкой температуре по сравнению с реакцией с использованием этанола [47], кроме того реакция с метанолом дает более высокий выход БиоДТ. Однако этанол, полученный возобновляемыми методами, в некоторых случаях, например, при переэтерификации соевого масла, увеличивает скорость реакции.

1.4.3 Соотношение растительного масла и переэтерифицирующего агента

Для увеличения соотношения спирт : масло практически нет ограничений, вместе с тем авторами работы [48], показано, что увеличение соотношения эффективно лишь до некоторого предела. Однако, авторы [49] утверждают, что во время проведения реакции переэтерификации соевого масла метанолом в присутствии катализатора MgO, легированного Li, отношение спирта к маслу более 15 усложняет процессы нагревания и разделения продукта, в качестве оптимального предлагается соотношение от 12 до 15.

Авторы [50] обнаружили, что отношение спирта к маслу, превышающее 30, вредно из-за повышенной растворимости глицеринового продукта в реакционной смеси. Тем не менее, в случае реакции переэтерификации рапсового масла метанолом на катализаторе Zn/Al, проводимой в автоклавах высокого давления при высоких температурах, было выявлено, что более высокое отношение спирта к маслу является благоприятным.

1.4.4 Температура и время реакции переэтерификации

Одной из важных переменных, которая влияет на скорость реакции переэтерификации, является температура. Хотя реакцию можно проводить и при комнатной температуре, что успешно реализовали авторы работы [51], исходя из кинетики, скорость реакции увеличивается с увеличением температуры. Более того, в случае переэтерификации масел более высокие температуры приводят к снижению вязкости масла и лучшему смешиванию реагентов.

Тем не менее, существует оптимальная температура реакции, и дальнейшее ее увеличение вызывает уменьшение выхода БиодТ из-за повышенного омыления (в случае гомогенных катализаторов щелочного типа), а также быстрое испарение используемого спирта [52]. Следовательно, температура реакции обычно поддерживается ниже точки кипения спирта, однако существует возможность проведения реакции при более высоких температурах в условиях дефлегмации или при высоком давлении.

Существует множество работ по поиску оптимальной температуры реакции переэтерификации, так, авторы работы [53] исследовали влияние изменения температуры от 30 до 70 °C на реакцию переэтерификации масла канолы при использовании метанола и катализатора NaOH. Была установлена оптимальная температура для максимизации выхода БиодТ, которая составила 45 °C, в то время как повышение температуры реакции с 45 до 70 °C привело к снижению выхода БиодТ с 93,5 % до 90,4 % из-за ускоренного омыления при более высоких температурах, однако при этом время протекания реакции уменьшилось с 60 до 15 минут за счет увеличения скорости реакции.

Авторами работы [52] изучено влияние изменения температуры от 30 до 65 °C на реакцию переэтерификации масла семян нима при использовании метанола и катализатора KOH, время реакции составило 1 час. Оптимальная температура для максимального выхода БиодТ была определена как 55 °C. Более низкие выходы БиодТ при температуре ниже

55 °C были связаны со снижением скорости реакции, в то время как более низкие выходы при температуре выше 55 °C были связаны с повышенным испарением метанола и повышенным омылением.

Падение конверсии БиоДТ из-за увеличения скорости испарения при высоких температурах также было отмечено в реакциях переэтерификации соевого масла при использовании метанола и катализатора MgO , легированного Li [54]; фисташкового масла при использовании метанола со смешанными оксидами CaO-CeO_2 [54]; соевого масла при использовании этанола и катализатора NaOH [55]; масла расторопши пятнистой при использовании метанола и диоксида циркония, модифицированном KOH [56].

Производство БиоДТ в автоклавах высокого давления при высоких температурах также исследовалось различными научными коллективами. Авторы [57] повысили температуру реакции со 170 до 220 °C для переэтерификации рапсового масла метанолом в присутствии катализатора Zn/Al . Исследователи наблюдали значительное увеличение конверсии БиоДТ до 200 °C, за пределами этой температуры значительного увеличения конверсии не наблюдалось.

Работа [50] также подтвердила полученный результат для переэтерификации соевого масла метанолом в присутствии катализатора WO_3/SnO_2 . Авторы работы установили оптимальную температуру реакции, равную 180 °C, и отметили, что реакционная смесь меняет свой цвет на черный при высоких температурах из-за карбонизации реагентов.

Основной объем БиоДТ на сегодняшний день получают путем переэтерификации растительных масел. В существующих технологиях в качестве переэтерифицирующего агента, как правило, используется токсичный метиловый спирт. В данной исследовательской работе используется безопасный этиловый спирт. Этиловые эфиры высших жирных кислот имеют характеристики, близкие к дизельному топливу, а использование их в качестве топлива или добавок нефтяному топливу

способствует уменьшению содержания оксидов азота и токсичных полиароматических углеводородов в выхлопных газах [31].

Литературный обзор показал, что производство БиоДТ из масличных растений реакцией переэтерификации проводится в широком диапазоне варьирования таких параметров как температура и время реакции, тип и концентрация катализатора, соотношение масло : спирт. Однако отсутствуют комплексные исследования влияния параметров реакции переэтерификации на выход и характеристики БиоДТ. Выбор оптимальных параметров реакции переэтерификации для синтеза БиоДТ из различного сырья является актуальной задачей.

2 Объект и методы исследования

2.1 Объект исследования

В качестве сырья для синтеза БиодТ были использованы 5 растительных нерафинированных пищевых масел различных производителей: подсолнечное, горчичное, льняное, кукурузное, рыжиковое.

Для растительных масел была принята следующая маркировка: подсолнечное масло – П, горчичное масло – Г, льняное масло – Л, кукурузное масло – К, рыжиковое масло – Р.

Для полученных БиодТ была принята следующая маркировка: продукт, полученный из подсолнечного масла – П_{БиодТ}; продукт из горчичного масла – Г_{БиодТ}; продукт из льняного масла – Л_{БиодТ}; продукт из кукурузного масла – К_{БиодТ}; продукт из рыжикового масла – Р_{БиодТ}.

В качестве переэтерифицирующего агента был использован этиловый спирт (этанол). В качестве катализатора использовались спиртовые растворы гидроксида калия (KOH) и гидроксида натрия (NaOH).

2.2 Методика синтеза биодизельного топлива

Перед проведением синтеза готовился спиртовой раствор катализатора. Приготовление спиртового раствора KOH проводилось на орбитальном шейкере для колб, для полного растворения сухого вещества в этаноле. Для приготовления спиртового раствора NaOH, рассчитанную массу катализатора и этанол смешивали в круглодонной колбе, закрыв пробкой для устранения улетучивания паров спирта. Затем медленно нагревали до полного растворения частиц катализатора, не доводя этанол до кипения. Полученную смесь охлаждали до комнатной температуры и добавляли к предварительно нагретому растительному маслу.

Реактором синтеза выступил термостойкий стакан 4 объемом 1 л, расположенный на плите 5, снабженный мешалкой 1 и термометром 3

(Рисунок 2.1). Верх стакана был закрыт металлической фольгой для предотвращения улетучивания паров спирта во время реакции.

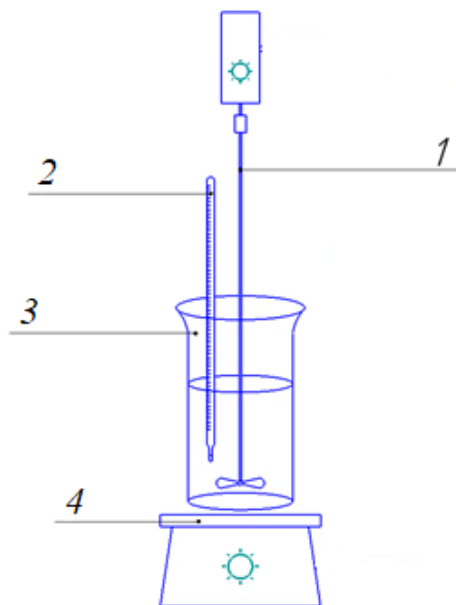


Рисунок 2.1 – Упрощенная схема лабораторной установки для проведения реакции переэтерификации

1 – автоматическая лопастная мешалка; 2 – термометр; 3 – термостойкий стакан; 4 – электронагреватель с регулятором

В термостойкий стакан помещали растительное масло, медленно нагревали до определенной температуры при постоянном перемешивании, затем вводили катализатор и начинали отсчет времени реакции. По окончании синтеза реакцию смесь охлаждали до комнатной температуры и добавляли глицерин, который способствовал формированию двух фаз. Содержимое переливали в делительную воронку для последующей обработки. После отстаивания образовывались две фазы – верхняя, состоящая из этиловых эфиров растительных масел и остаточного этанола, и нижняя, содержащая глицерин, избыток этанола, непрореагировавший щелочной катализатор, образовавшиеся мыла и продукты неполной переэтерификации (Рисунок 2.2).

Полученные этиловые эфиры очищали от остаточного этанола с помощью роторного испарителя. Катализатор удаляли последовательным промыванием 1 % раствором лимонной кислоты (до нейтрального pH) и затем дистиллированной водой.

Использование роторного испарителя позволяет значительно сократить потери при отгонке этанола и исключить стадию осушки полученного продукта.



Рисунок 2.2 – Образовавшиеся в результате отстаивания фазы

2.3 Параметры реакции переэтерификации

Синтез БиоДТ из различных растительных масел проводился при следующих параметрах реакции переэтерификации: катализатор – КОН, масса катализатора составляла 1 % мас. от общей массы масла и этанола; время реакции – 6 ч.; температура реакции – 75 °С; соотношение масло : этанол – 1 : 9.

Исследование влияния типа катализатора на характеристики и выход БиоДТ осуществлялось при использовании в качестве сырья подсолнечного масла. Параметры реакции переэтерификации при использовании NaOH и КОН в качестве катализаторов были следующие: масса катализатора составляла 1 % мас. от массы масла; время реакции – 1 ч.; температура реакции – 45 °С; соотношение масло : этанол – 1 : 6.

Исследование влияния параметров реакции переэтерификации на характеристики и выход БиоДТ осуществлялось при использовании в качестве сырья подсолнечного масла. Варьирование параметров синтеза проводилось в соответствии с Таблицей 2.1.

Таблица 2.1 – Варьирование параметров синтеза БиодТ

№	Варьируемый параметр	Катализатор	Масса катализатора, % от массы масла	Время реакции, ч	Соотношение масло : этанол	Температура реакции, °С
1	Концентрация катализатора	NaOH	1,0	1,0	1:6	45
2		NaOH	0,5	1,0	1:6	45
3		NaOH	2,0	1,0	1:6	45
4	Время реакции	NaOH	2,0	0,5	1:6	45
5		NaOH	2,0	2,0	1:6	45
6	Соотношение масло : этанол	NaOH	2,0	1,0	1:3	45
7		NaOH	2,0	1,0	1:9	45
8		NaOH	2,0	1,0	1:12	45
9	Температура реакции	NaOH	2,0	1,0	1:6	30
10		NaOH	2,0	1,0	1:6	60

2.4 Методики определения характеристик сырья и продуктов

2.4.1 Методика определения вязкости

Определение кинематической и расчет динамической вязкости проводились при помощи вискозиметра Штабингера SVM3000 Anton Paar (Рисунок 2.3) в соответствии с методикой, представленной в ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости» [58].



Рисунок 2.3 – Вискозиметр Штабингера

Прибор рассчитывает динамическую вязкость по определенной кинематической и плотности.

Принцип работы прибора (Рисунок 2.4) был запатентован изобретателем Гансом Штабингером. Трубка (1), которая заполняется образцом, вращается с постоянной угловой скоростью. В образце, как поплавок, находится цилиндрический полый ротор (2), а внутри ротора – постоянный магнит (3). Центрирование ротора происходит за счет железного кольца (4). Вращение трубки (1) приводит к взаимному смещению слоев жидкости и вращению ротора (2). Если бы магнита не было, в состоянии равновесия и внешняя трубка (1) и ротор вращались бы с одинаковой скоростью. Однако, в его присутствии, переменное магнитное поле приводит к появлению вихревых токов в медном корпусе (5). Именно за счет этих токов и происходит торможение ротора. Сила торможения в состоянии установившегося равновесия постоянна и ей препятствует только вязкость жидкости.

Кроме эффекта торможения, переменное поле от внутреннего магнита выполняет ещё одну задачу – действует на датчик Холла (6), который преобразует энергию магнитного поля в потенциал постоянного тока. Так, разность скоростей внешней трубки и внутреннего ротора измерена, и, следовательно, можно определить значение динамической вязкости [59].

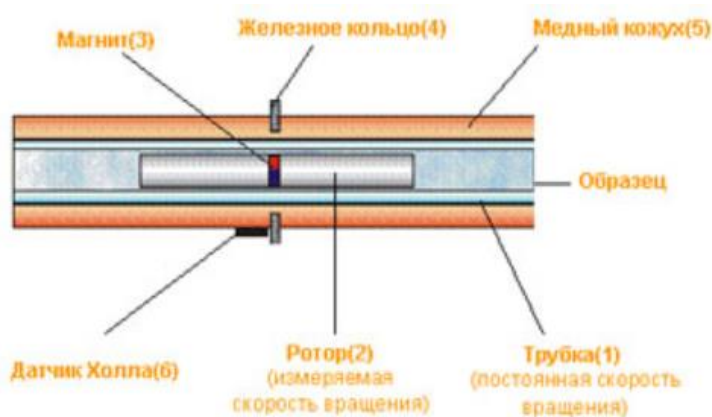


Рисунок 2.4 – Принцип работы вискозиметра Штабингера

2.4.2 Методика определение плотности

Определение плотности проводилось также при помощи вискозиметра Штабингера SVM3000 Anton Paar (Рисунок 2.3) в соответствии с методикой,

представленной в ISO 12185:1996 «Нефть сырая и нефтепродукты. Определение плотности. Метод с применением осциллирующей U-образной трубки» [60].

Принцип действия основан на измерении частоты колебаний U-образной измерительной трубки, вызываемых электромагнитным генератором. Под воздействием возбуждающего поля пустая измерительная трубка колеблется с собственной частотой, а при заполнении трубки исследуемым веществом частота колебаний изменяется в зависимости от массы (плотности) исследуемого вещества. Подобно маятнику, чем больше плотность образца, а значит и его масса, заключенная в трубке, тем ниже частота колебаний. Для пересчета частоты колебаний в цифровое значение плотности используются данные предварительной калибровки.

Поскольку плотность сильно зависит от температуры, для исключения этого влияния на результат измерительная трубка термостатируется. Поддержание температуры осуществляется электронным термостатом, встроенным в прибор.

Измерение плотности и вязкости исследуемых образцов проводилось при температурах 15, 20 и 40 °С.

2.4.3 Методика определения низкотемпературных характеристик

В данной работе определялись такие низкотемпературные характеристики как температура помутнения и температура застывания.

Температурой помутнения (T_n) считается та максимальная температура, при которой в проходящем свете топливо меняет прозрачность (мутнеет) при сравнении с эталонным (параллельным) образцом.

Температура помутнения определяли в соответствии с методикой, представленной в ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [61].

Для этого в две стандартные пробирки с двойными стенками заливают образец испытуемого топлива (до метки) и закрывают корковой пробкой, в

которую вставлены термометр и проволоочная мешалка. Первую пробирку устанавливают в жидкостный низкотемпературный термостат КРИО-ВТ-05-01 (Рисунок 2.5), а вторую (контрольную) – на штативе для пробирок [62].



Рисунок 2.5 – Жидкостный низкотемпературный термостат КРИО-ВТ-05-01

Первую пробирку охлаждают и через каждые 3 °С вынимают из термостата и сравнивают со второй контрольной пробиркой. Если в проходящем свете прозрачность топлива в первой пробирке не изменилась, то ее вновь устанавливают в термостат и продолжают охлаждение. Дальнейшие контрольные наблюдения проводят через каждый градус, и та температура, при которой появится мутность в первой пробирке по сравнению с контрольной, принимается за температуру помутнения.

Большое значение при транспортировке и применении топлива в зимних условиях имеет их подвижность при низких температурах. Температура, при которой нефтепродукт в стандартных условиях теряет подвижность, называется температурой застывания (T_3).

Температуру застывания определяли в соответствии с методикой, представленной в ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [63].

Согласно данной методике, исследуемый образец заливают в стандартную пробирку до метки и закрывают пробкой с термометром. Пробирку с образцом вставляют в жидкостный низкотемпературный термостат (Рисунок 2.5) и охлаждают до предполагаемой температуры застывания. При этой температуре пробирку наклоняют под углом 45° и

наблюдают за уровнем топлива. Опыт повторяют с самого начала и охлаждают продукт до более низкой или более высокой температуры. Таким образом находят ту наивысшую температуру, при которой уровень образца в пробирке, наклоненной под углом 45° , остается неподвижным в течение определенного времени (Рисунок 2.6). Эта температура принимается за температуру застывания.

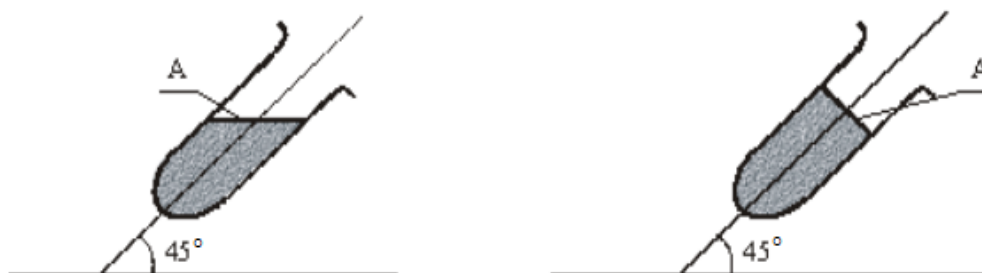


Рисунок 2.6 – Определение температуры застывания

2.4.4 Методика определение молекулярной массы

Молекулярную массу определяли с помощью установки КРИОН-1 методом криоскопии в соответствии с методикой, представленной в ASTM D2224-78 «Method of test for mean molecular weight of mineral insulating oils by the cryoscopic method» [64].

Принцип действия установки основан на измерении депрессии температуры – разницы температур кристаллизации чистого растворителя и раствора испытуемого вещества, которая используется для расчета молекулярной массы испытуемого вещества по формуле:

$$M = K \cdot \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{G1}{G2} \cdot 1000 \quad (2.1)$$

где M – молекулярная масса испытуемого вещества, г/моль; K – криоскопическая постоянная растворителя, $^\circ\text{C} \cdot \text{г/моль}$; ΔT – депрессия температуры, $^\circ\text{C}$; $G1$ – масса испытуемого вещества, г; $G2$ – масса растворителя, г.

Внешний вид установки КРИОН-1 представлен на Рисунке 2.7 [65].

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Проблемы эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения всегда являлись актуальными. Все технологические процессы сопровождаются потреблением первичных ресурсов, таких как земля, вода, воздух, топливо (энергия), материальные и трудовые ресурсы. Формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления - один из важнейших вопросов стратегического менеджмента, так как ресурсоемкость является второй стороной товара, когда первой является его качество.

Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Данный раздел дипломной работы посвящен обоснованию целесообразности исследования влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива.

Выполнение выпускной квалификационной работы проводилось в Инженерной школе природных ресурсов Национального исследовательского Томского Политехнического Университета в отделении химической инженерии. Область применения – топливо для автотранспорта.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе исследования потребителей биодизельного топлива был проанализирован целевой рынок и проведено его сегментирование, а именно определена часть рынка, характеризующаяся однородной по своему экономическому поведению группой покупателей [66]. Синтез биодизельного топлива обеспечивается преимущественно путем использования растительных масел.

Продуктом исследования является смесь этиловых эфиров жирных кислот (биодизельное топливо), а в качестве целевого рынка были представлены промышленные предприятия по производству альтернативного топлива (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Сегментирование рынка

Размер предприятия	Микроводоросли	Растительные масла	Отработанные жиры
Крупное			
Среднее			
Малое			

Как видно из таблицы 5.1, из представленных видов сырья для синтеза биодизельного топлива, производство из биомассы микроводорослей возможно только на крупных предприятиях, так как главный его недостаток – большие затраты на создание и поддержание систем выращивания микроводорослей, и как следствие, высокая стоимость масла из их биомассы. При применении жиросодержащих отходов снижается необходимость в выращивании микроводорослей и сельскохозяйственных культур, однако применение данного сырья не выгодно для малых объемов. Таким образом, наиболее рациональным применением в качестве сырья для производства биодизельного топлива являются растительные масла, производимые из масличных растений.

5.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это инструмент стратегического анализа и планирования, применяемый для оценки явлений и факторов, оказывающих влияние на компанию или проект [66].

Для определения критериев, влияющих на эффективность/неэффективность проекта, а также исследования внешней и внутренней среды проекта была составлена матрица SWOT анализа (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны исследовательского проекта:</p> <p>С1. Проведение эксперимента в лаборатории при НИИ ТПУ;</p> <p>С2. Мобильность рабочего места;</p> <p>С3. Относительно новое направление изучения;</p> <p>С4. Глубокое изучение своего направления каждым участником вследствие делегирования обязанностей;</p> <p>С5. Простота использования;</p> <p>С6. Возможность расчета и корректировки соотношения реагентов, параметров синтеза.</p>	<p>Слабые стороны исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Недостаточно большой объем проведенных экспериментов;</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой;</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения анализа продукта;</p> <p>Сл4. Погрешности при поведении опытов.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В2. Переход нефтеперерабатывающей отрасли на ресурсосберегающие технологии;</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на продукт научных исследований.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>Выявление новых зависимостей состава и свойств полученных этиловых эфиров жирных кислот от применяемого сырья и варьирования параметров синтеза биодизельного топлива.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>1. Разработка научного исследования;</p> <p>2. Помощь специалистов и оборудования ТПУ в проведении исследований;</p> <p>3. Повышение квалификации кадров.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на технологии производства;</p> <p>У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции;</p> <p>У3. Опровержение полученных результатов в ходе экспериментов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>1. Сертификация продукции;</p> <p>2. Изучение законодательной базы;</p> <p>3. Продвижение программы с целью создания спроса на рынке.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>1. Необходимо привлечение заказчиков;</p> <p>2. Отсутствие спроса на разработки альтернативной энергетики говорит о недостаточном финансировании исследований со стороны государства.</p>

По результатам SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

5.3 Планирование исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения исследований.

5.3.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Для проведения научных исследований была сформирована исследовательская группа, в состав которой входят: бакалавр, научный руководитель выпускной квалификационной работы.

Составляется перечень этапов и работ в рамках проведения исследовательской работы и проведено распределение исполнителей по отдельным видам работ (Таблица 5.3)

Таблица 5.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	Научный руководитель, бакалавр
	3	Выбор направления исследования	
	4	Календарное планирование экспериментов	

Продолжение Таблицы 5.3

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых методик для проведения экспериментов	Бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов и выявление зависимостей	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр
<i>Проведение ВКР</i>			
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Бакалавр
	10	Сдача работы на рецензию	Научный руководитель, бакалавр
	11	Предзащита ВКР	Бакалавр
	12	Защита дипломной работы	

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проводимого исследования.

Трудоемкость выполнения исследовательской работы оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для расчета ожидаемого (среднего) значения трудоемкости ($t_{ож\ i}$) применим следующую формулу [66]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (5.1)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Тогда ожидаемая трудоемкость для первого этапа работы, приведенного в таблице 5.3, рассчитывается следующим образом:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

Для остальных этапов 2-12 расчет аналогичен.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и же работу на данном этапе, чел.

Тогда продолжительность первого этапа работы рассчитывается следующим образом:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн.}$$

Для остальных этапов 2-12 расчет аналогичен.

5.3.3 Разработка графика проведения исследования

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени

отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (5.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Продолжительность выполнения первого этапа работы равна:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 1,4 \cdot 1,22 = 1,7 = 2$$

Для этапов работ 2-12 расчет аналогичен.

Все рассчитанные значения представлены в Таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Временные показатели проведения исследования

Номер работы	Трудоемкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность в календарных днях, T_{ki}
	t_{\min} , чел-дни	t_{\max} , чел-дни	$t_{\text{ож } i}$, чел-дни			
1	1	2	1,4	Научный руководитель	1,4	2
2	5	8	6,2	Бакалавр	6,2	8
3	2	3	2,4	Научный руководитель, бакалавр	1,2	2
4	3	4	3,4	Научный руководитель	3,4	5
5	7	10	8,2	Бакалавр	8,2	10
6	62	80	69,2	Бакалавр	69,2	85

Продолжение Таблицы 5.4

7	5	7	5,8	Бакалавр	5,8	7
8	8	10	8,8	Научный руководитель, бакалавр	4,4	6
9	24	30	26,4	Бакалавр	26,4	33
10	2	3	2,4	Научный руководитель, бакалавр	1,2	2
11	1	1	1	Бакалавр	1	1
12	1	1	1	Бакалавр	1	1
Итого					129	162

На основании Таблицы 5.4 составляем календарный план-график, который наглядно показывает продолжительность работы исполнителей. План-график представлен в Таблице А.1 (Приложение А).

5.4 Бюджет проводимого исследования в рамках ВКР

При планировании бюджета проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.4.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб.м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовливаемые расходы. Величина коэффициента (k_T) принимается как 15% от стоимости материала.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в Таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Материальные затраты проекта

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_M), руб.
Растительные масла	л	6	80	552
Образцы дизельного топлива	л	5	47	270,25
Этиловый спирт технический	л	5	45	258,75
NaOH	кг	1	190	218,5
Пробирка с двойными стенками ТС	шт.	2	1500	3450
Термометр	шт.	1	1198	1377,7
Стакан стеклянный лабораторный	шт.	1	175	201,25
Круглодонная колба	шт.	1	250	287,5
Воронка делительная	шт.	1	2000	2300
Итого				8915,95

По данным из приведенной выше таблицы можно судить о материальных затратах научно-исследовательской работы.

5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в Таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Термостат жидкостный низкотемпературный «КРИО-ВТ-05-01»	1	166,1	191
2	Плитка электрическая VITEK	1	1,69	1,9
3	Перемешивающее устройство ЭКРОС ES-8300	1	24,7	28,4
4	Ротационный испаритель ИКА RV 3 V	1	165,3	190,1
5	Вискозиметр-плотномер Штабингера SVM 3000	1	235,1	270,4
Итого:				681,8

Произведем расчет амортизационных отчислений: срок службы всего оборудования – 5 лет, средневзвешенная норма амортизации $100\% / 5 = 20\%$.

Величина амортизации:

1. $((191000 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 16955$ руб.;
2. $((1900 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 169$ руб.;
3. $((28400 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 2520$ руб.;
4. $((190100 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 16875$ руб.;
5. $((270400 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 24002$ руб.

5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением исследования в рамках ВКР, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также

включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада:

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.6)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (5.7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (Таблица 5.7)

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
– выходные;	44	48
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	56	28
– невыходы по болезни	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (5.9)$$

где $З_{\text{мс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от $З_{\text{мс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Оклад работников на 2020 год (в рублях) составляет:

1. Научный руководитель: 35120 руб.;
2. Бакалавр: 12130 руб.

Таблица 5.8 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{мс}}$, руб.	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{раб}}$, раб.дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	35120	0,3	1,3	73049	3051	8	24408
Бакалавр	12130	0,3	1,3	25230	961	121	116281
Итого							140689

5.4.4 Дополнительная заработная плата исполнительской темы

Расчет дополнительной заработной платы проводится по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (5.10)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы принимаем 0,12 из диапазона 0,12-0,15;

- $З_{\text{доп}}$ научного руководителя = 2929 руб.;
- $З_{\text{доп}}$ бакалавра = 13953,7 руб.;

В итоге заработная плата работников равна:

- Научного руководителя: $C_{\text{зн}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 24408 + 2929 = 27337$ руб.;
- Бакалавра: $C_{\text{зн}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 116281 + 13953,7 = 130234,7$ руб.

5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (5.11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, численно равный 30,2 %.

Информация об отчислениях во внебюджетные фонды представлена в Таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	24408	2929
Бакалавр	116281	13953,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого, руб.:	$Z_{внеб}$ руководителя = 8255,8; $Z_{внеб}$ бакалавра = 39330,9	
В сумме, руб.:	47586,7	

5.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и 68 телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (5.12)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %. Результаты расчета представлены в таблице 5.10.

5.4.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат проводимой исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при

формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на исследовательский проект приведен в Таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Расчет бюджета затрат исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты	8915,95	Пункт 5.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ (величина амортизации)	60521	Пункт 5.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	140689	Пункт 5.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16882,7	Пункт 5.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	47586,7	Пункт 5.4.5
6. Накладные расходы	44054,9	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат	318650,3	Сумма ст. 1-6

5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный финансовый показатель разработки для данной работы равен 1 в силу того, что стоимость i-го варианта исполнения численно равна максимальной стоимости исполнения работы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

$$I_{p-исп.1} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,5$$

Расчет интегрального показателя проводился на основании данных, представленных в Таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1
1. Способствует увеличению выхода этиловых эфиров жирных кислот	0,2	5
2. Удобство в проведении исследования на практике в силу его простоты, не требующей специального обучения	0,15	5
3. Экономичность	0,2	4
4. Энергосбережение	0,1	3
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,1	4
ИТОГО	1	

Интегральный показатель эффективности данного варианта исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп.1}}{I_{финр}} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

Ниже представлена таблица, определяющая эффективность проекта.

Таблица 5.12 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

Выводы по разделу:

В данном разделе подробно разобран коммерческий потенциал данного исследования и его перспективы на рынке. Проведена оценка ресурсоэффективности проделанной работы. Описан и составлен план необходимого комплекса работ.

Описав и проанализировав потенциальных потребителей результатов исследования, проведен SWOT-анализ и показана итоговая матрица стратегии данной работы.

Также представлены результаты планирования исследовательской работы.

С позиции финансовой и ресурсной эффективности, данные показатели позволяют сделать вывод, о том, что выбранный вариант исполнения эффективен.

6 Социальная ответственность

6.1 Введение

Нефть является важнейшим природным ресурсом, который определяет состояние экономики каждой страны. Добыча и разработка новых нефтяных месторождений растут с каждым днем, так как неуклонно увеличивается количество энергии, потребляемой на планете. Постепенно это приведет к истощению запасов невозобновляемых ресурсов. Поэтому ведутся поиски альтернативных источников энергии, способных заменить собой традиционные. Биодизель – один из самых популярных видов возобновляемых ресурсов, характеризующееся экологической чистотой и безопасностью в эксплуатации. Также производство биодизельного топлива является способом утилизации пищевых и производственных отходов.

Сущность данной работы – исследование влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива.

Область применения – биодизель используется в качестве топлива на автотранспорте как в чистом виде, так и в виде смеси с нефтяным дизельным топливом.

6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном разделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и их особенности, применимые к условиям научно – исследовательского проекта по исследованию влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива.

6.2.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

Согласно ТК РФ от 30.12.2001 №197-ФЗ. Глава 21:

- работник, занятый на тяжелых работах, работах с вредными или опасными и иными особыми условиями труда, имеет право получать повышенную ставку оплаты труда.

6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочим местом выполнения исследования влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива является

химическая 134 лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторный столы имеют гладкие поверхности из материалов, не сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

Работа с вредными и легколетучими веществами производится в вытяжных шкафах, обеспечивающих изоляцию работающих от опасной среды. Помещение хорошо освещено как дневным, так и искусственным светом.

В условиях химических лабораторий в задачи производственной санитарии входит предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на работающих ядовитых и раздражающих веществ, производственной пыли, шума и других вредных факторов, определение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе производственных помещений, разработка и эксплуатация средств индивидуальной защиты, системы вентиляции, отопления и рационального освещения [67].

6.3 Производственная безопасность

6.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

При работе в лаборатории используется вредные вещества, ПДК в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека этих веществ указаны в Таблице 6.1 [68-74].

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	

Продолжение Таблицы 6.1

1.Наличие вредных веществ (Таблица 6.2) в работе		+	+	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
2.Превышение уровня шума		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
5.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
6.Возможные электромагнитные излучения		+	+	СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы
7.Наличие взрывоопасных и токсичных веществ		+	+	ПБ 09-540-03 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств
8.Повышенное значение напряжения в электрической сети		+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

Таблица 6.2 – Вредные вещества и их характеристика

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Воздействие на организм
Топливо дизельное	300	4	Высокие концентрации паров алифатических предельных углеводородов действуют на центральную нервную систему человека и оказывают наркотическое воздействие при вдыхании. Дизельное топливо раздражает слизистые оболочки и кожу человека, вызывая их поражение и кожные заболевания. Длительный контакт с дизельным топливом приводит к изменению функции центральной нервной системы и повышает заболеваемость органов дыхания.
Спирт этиловый	1000	4	При остром отравлении этиловым спиртом отмечается рвота, замедление дыхания и сердечных сокращений, потеря сознания.
Гидроксид натрия	0,5	2	Гидроксид натрия — едкое, потенциально опасное (в больших дозах) и коррозионно-активное вещество. Является наиболее ядовитым среди соединений натрия. При попадании на кожу, слизистые оболочки и в глаза образуются серьезные химические ожоги. Попадание в глаза вызывает необратимые изменения зрительного нерва (атрофию) и, как следствие, потерю зрения.

Поэтому при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования к технике безопасности [68]:

1. Перед тем как приступить к работе, сотрудники должны осмотреть и привести в порядок рабочее место.
2. Приступая к работе, проверяется исправность оборудования.
3. Проводить работу с ядовитыми и едкими веществами, а также с органическими растворителями только в вытяжном шкафу.
4. Работа при повышенном давлении, нагрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов проводится в вытяжных шкафах в защитных очках, перчатках и фартуке.
5. Работа в вытяжном шкафу проводится так, чтобы в шкафу находились только руки, наблюдение за процессом осуществляется через шкаф, для этого створки шкафа поднимают на высоту не более 30 см.

6. Приготовление химических растворов с выделением тепла проводится в фарфоровой или термостойкой емкости.

7. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

При работе в лаборатории используются следующие средства индивидуальной защиты:

- Халат (при любых работах в лаборатории);
- Перчатки из химически стойких материалов (при работе с веществами и реагентами);
- Защитные очки (при необходимости).

6.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении разработки на производстве

Далее представлены описания вредных и опасных факторов, описанных выше.

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений.

Метеоусловия производственной среды регламентируются [69].

Температура воздуха в лаборатории поддерживается:

- 1) в холодный период 16-22 °С;
- 2) в теплый период 18-25 °С.

Влажность воздуха не должна превышать 40 – 60 %, скорость движения воздуха 0,2 м/с.

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается работой форточек, дверей, приточной вытяжной вентиляцией.

Летом помещения проветриваются с помощью вентиляторов. В зимнее время помещения нагревают центральным отоплением.

Важное значение для создания благоприятных условий труда имеет рациональное освещение. Недостаточное освещение рабочего места

затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев.

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим.

В лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение.

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

Воздействие шума длительное время приводит к снижению остроты слуха, повышению кровяного давления, утомлению центральной нервной системы, ослаблению внимания, увеличению количества ошибок в действиях рабочего, снижению производительности труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

- механический шум (при трении, биении узлов и деталей машин делительных воронок, механической мешалки);
- аэрогидродинамический шум (возникает в аппаратах при больших скоростях движения газа или жидкости и при резких направлениях их движения и давления).

В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации применяются наушники, беруши.

Наушники понижают негативное воздействие в диапазоне от 7 до 38 дБ с частотой от 125 до 8000 Гц.

Вкладыши (беруши) закрывают слуховой проход. Этот вид защиты дешев, компактен и применим ко многим ситуациям, но не всегда результативен, т.к. снижает уровень негативного воздействия всего на 5-20 дБ.

6.3.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Для обеспечения снижения влияния опасных и вредных факторов на работающих при исследовании влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива могут быть предприняты следующие решения:

- Систематический осмотр помещения, в котором проводят исследование, на наличие вышедших из строя осветительных приборов;
- Осмотр систем отопления, проверка толщины стен, проверка утеплителя в холодное время года;
- Систематическая проверка влажности на предмет отклонения от допустимой нормы;
- Установка термометра для определения возможного отклонения от допустимых показателей температуры на рабочем месте;
- Систематическая проверка вентилятора и вытяжки на предмет некорректной работы.

6.4 Экологическая безопасность

Химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- путем создания замкнутой безотходной технологической системы.

Для лаборатории наиболее оптимален выбор первого варианта.

6.4.1 Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то для очистки достаточно использование адсорбционного фильтра. Для этого в

лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [75].

6.4.2 Воздействие на гидросферу

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию [76].

6.4.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно [76].

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям. Чрезвычайная ситуация – это совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражению и гибелью людей.

6.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

К чрезвычайным ситуациям, которые может инициировать объект исследования, относят:

- производственные аварии,
- стихийные бедствия,
- социальные конфликты.

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера (производственные аварии). В любой лаборатории всегда существует вероятность возникновения аварийной ситуации. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий.

В аварийных ситуациях, когда атмосфера лаборатории внезапно оказывается зараженной ядовитыми парами или газами, оставаться в помещении для ликвидации последствий аварии только в противогазе, при отключенных нагревательных приборах.

После дезактивации помещение необходимо проветрить. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг.

При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения бедствия. При поступлении сигнала о возможном инциденте все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего в лаборатории отключается электроэнергия, водоснабжение. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [77].

6.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве

Также наиболее типичной ЧС будет являться ситуация техногенного характера, теоретически вызванная выходом из строя отсеков с хранением образцов ДТ, самовозгоранием топлива, пожаром на производстве. Для ликвидации аварии на производстве разрабатываются планы, в которых

предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий, представленные в разделе 6.5.1.

6.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций представлены ниже согласно ГОСТ 22.0.04-97:

- Систематическая диагностика оборудования;
- Обслуживание и ремонт вентиляторов, вытяжных шкафов, осветительных приборов;
- Наличие современных сигнализаций и приборов контроля в помещении для исследования;
- Систематический инструктаж персонала;
- Планы поддержания рабочего состояния лаборатории после чрезвычайной ситуации или катастрофы;
- План реагирования в случае террористических действий.

ВЫВОД:

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялись исследования влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива, можно сделать вывод, что исследовательская лаборатория, удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам. При соблюдении техники безопасности и правил работы в химической лаборатории работа в лаборатории не повлияет на здоровье работника.

Действие вредных и опасных факторов в лаборатории сведено к минимуму. Микроклимат, освещение и уровень шума удовлетворяют требованиям.

При соблюдении описанных в работе правил утилизации отходов, деятельность в лаборатории не представляет опасности для экологии.

Список публикаций студента

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Публикации в ведущих научных изданиях, входящих в базы Scopus или Web of Science: 1					
1	Выбор наиболее предпочтительного сырья для синтеза биодизельного топлива с позиции его выхода и физико-химических свойств / Selection of the most beneficial raw materials for the synthesis of biodiesel from a standpoint of its yield and physicochemical properties	Печатная	Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология / Izvestiya Vuzov-Prikladnaya Khimiya I Biotekhnologiya, 2020, T. 10, № 1, с. 114-123.	10	Belozertseva N.E. Altynov A.A. Bogdanov I.A. Belinskaya N.S. Kirgina M.V.
Публикации в ведущих рецензируемых научных Российских и зарубежных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК: 1					
1	Использование биодизеля в качестве смесового компонента товарных дизельных топлив	Печатная	Химия в интересах устойчивого развития. 2020, Т. 28, № 2, с. 131-140.	10	Белозерцева Н.Е. Богданов И.А. Торчакова О.М. Соснина Д.В. Белинская Н.С. Киргина М.В.
Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской Международной (Всероссийской) конференции: 4					
1	Исследование физико-химических свойств растительных масел – потенциального сырья для производства биодизельного топлива	Печатная	Материалы XX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2019, с. 340-341.	2	Белозерцева Н.Е. Богданов И.А.
2	Использование биодизельного топлива в качестве смесового компонента товарных дизельных топлив	Печатная	Материалы II Международной научно-практической конференции «Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса», Санкт-Петербург, 2019, с. 12-14.	3	Белозерцева Н.Е. Соснина Д.В. Торчакова О.М.
3	Исследование низкотемпературных свойств биодизельных топлив, полученных из различных растительных масел	Печатная	Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых «Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды», Лесосибирск, 2019, с. 33-35.	3	Белозерцева Н.Е.
4	Синтез биодизельного топлива из различных растительных масел	Печатная	Тезисы докладов XXIII Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием), Нижний Новгород, 2020, с. 473.	1	Белозерцева Н.Е. Киргина М.В.

Список использованных источников

- 1 Erdiwansyah Mamat R., Sani M.S.M., Sudhakar K., Kadarohman A., Sardjono R.E. An overview of Higher alcohol and biodiesel as alternative fuels in engines // *Energy Reports*. – 2019. – Vol. 5. – pp. 467-479.
- 2 Марков В.А., Каськов С.И. Лобода С.С. Растительные масла как экологическая добавка к нефтяному дизельному топливу // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. – 2018. – № 7. – с. 48-60.
- 3 Dwivedi G., Jain S., Sharma M.P. Impact analysis of biodiesel on engine performance – A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2011. – Vol. 15. – pp. 4633-4641.
- 4 Дворецкий С.И., Зазуля А.Н., Нагорнов С.А., Романцова С.В., Рязанцева И.А. Производство биодизельного топлива из органического сырья // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского*. – 2012. – № 5 (39). – с. 126-135.
- 5 Капустин В.М., Карпов С.А., Сайдахмедов А.И. Биодизельное топливо: преимущества, недостатки и перспективы промышленного производства // *Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт*. – 2011. – № 4. – с. 49-54.
- 6 Гафуров Н.М., Хисматуллин Р.Ф. Преимущества биодизельного топлива // *Инновационная наука*. – 2016. – № 5. – с. 72-74.
- 7 Левтеров А.М., Савицкий В.Д., Левтерова Л.И. Экспериментальные исследования моторных качеств смесового биодизельного топлива // *Автомобильный транспорт*. – 2011. – № 28. – с. 81-84.
- 8 Srithar K., Balasubramanian K.A. Dual biodiesel for diesel engine - Property, performance and emission analysis // *International Energy Journal*. – 2014. – Vol. 14. – Issue 3. – pp. 107-120.
- 9 Беренблум А.С., Данюшевский В.Я., Кацман Е.А., Подоплелова Т.А., Флид В.Р. Получение моторных топлив из непищевых растительных масел и жиров // *Нефтехимия*. – 2010. – № 4. – с. 317-323.

- 10 Феофилова Е.П., Сергеева Я.Э., Ивашечкин А.А. Биодизельное топливо: состав, получение, продуценты, современная биотехнология (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 2010. – № 4. – с. 405-415.
- 11 Булаткин Г.А. Оценка эффективности производства нетрадиционных энергоносителей из растительного сырья // Агро – XXI век. – 2009. – № 7-9. – с. 6-8.
- 12 Кучкина А.Ю., Сущи Н.Н. Источники сырья, методы и перспективы получения биодизельного топлива // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2014. – № 1. – с. 14-42.
- 13 Елисеева Е.М., Гордин А.А., Тарасов И.В., Молчанова И.В. Современное состояние мирового производства биотоплива второго поколения из растительного сырья и отходов деревообработки // Экология промышленного производства. – 2013. – № 1 (81). – с. 60-63.
- 14 Варфоломеев С.Д., Моисеев И.И., Мясоедов Б.Ф. Энергоносители из возобновляемого сырья // Вестник Российской академии наук. – 2009. – № 7. – с. 595-603.
- 15 Günay M.E., Türker L., Tapan N.A. Significant parameters and technological advancements in biodiesel production systems // Fuel. – 2019. – Vol. 250. – pp. 27-41.
- 16 Рахманкулов Д.Л., Вильданов Ф.Ш., Николаева С.В., Денисов С.В. Успехи и проблемы производства альтернативных источников топлива и химического сырья. Пиролиз биомассы // Башкирский химический журнал. – 2008. – Т. 15. – № 2. – с. 36-52.
- 17 Farouq A.T. Catalytic conversion of palm oil to hydrocarbons: performance of various zeolite catalysts / A.T. Farouq, N.A.M. Zabidi, S. Bhatia // Industrial Engineering and Chemistry Research. – 1999. – Vol. 38. – pp. 3230-3237.
- 18 Islam A., Taufiq-Yap Y.H., Chan E.S., Moniruzzaman M., Islam S., Nabi M.N. Advances in solidcatalytic and non-catalytic technologies for biodiesel production // Energy Conversion and Management. – 2014. – Vol. 88. – pp. 1200-1218.

- 19 Yang X.X., Wang Y.T., Yang Y.T., Feng E.Z., Luo J., Zhang F., et al. Catalytic transesterification to biodiesel at room temperature over several solid bases // *Energy Conversion and Management*. – 2018. – Vol. 164. – pp. 112-121.
- 20 Snare M., Mäki-Arvela P., Simakova I.L., Myllyoja J., Murzi D.Yu. Overview of catalytic methods for production of next generation biodiesel from natural oils and fats // *Sverkhkriticheskie flyuidy: teoriya i praktika. = Supercritical Fluids: Theory and Practice*. – 2009. – Vol. 4 (1). – pp. 3-17.
- 21 Singh D., Sharma D., Soni S.L., Sharma S., Kumar D. Chemical compositions, properties, and standards for different generation biodiesels: A review // *Fuel*. – 2019. – Vol. 253. – pp. 60-71.
- 22 Abbah E.C., Nwandikom G.I., Ekwunwu C.C., Nwakuba N.R. Effect of reaction temperature on the yield of biodiesel from neem seed oil // *American Journal of Energy Science*. – 2016. – Vol. 3 (3). – pp. 16-20.
- 23 Leung D.Y.C., Guo Y. Transesterification of neat and used frying oil: optimization for biodiesel production // *Fuel Processing Technology*. – 2006. – Vol. 87 (10). – pp. 883-890.
- 24 Доронин В.П., Потапенко О.В., Липин П.В., Сорокина Т.П. Превращения растительных масел в условиях каталитического крекинга // *Катализ в промышленности*. – 2013. – № 6. – с. 61-67.
- 25 Katikaneni S.P.R., Adjaye J.D., Idem R.O., Bakhshi N.N. Catalytic conversion of Canola oil over potassium-impregnated HZSM-5 catalysts: C₂-C₄ olefin production and model reaction studies // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 1996. – Vol. 35. – Issue 10. – p. 3332.
- 26 Сноре М., Мяки-Арвела П., Симакова И.Л., Мюллюойа Ю., Мурзин Д.Ю. Обзор каталитических методов производства биодизельного топлива из натуральных масел и жиров // *Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика*. – 2009. – № 1. – с. 3-17.
- 27 Смелова А.Н., Романова А.В., Шакиров Р.Ш., Сучков Ю.П., Швец В.Ф. Процесс получения биотоплива декарбоксилированием

- олеиновой кислоты // Успехи в химии и химической технологии. – 2010. – Т. 24. – № 6 (111). – с. 23-28.
- 28 Gusniah A., Veny H., Hamzah F. Ultrasonic assisted enzymatic transesterification for biodiesel production // Industrial and Engineering Chemistry Research. – 2019. – Vol. 58 (2). – pp. 581-589.
- 29 Sun S., Guo J., Duan X. Biodiesel preparation from Phoenix tree seed oil using ethanol as acyl acceptor // Industrial Crops and Products. – 2019. – Vol. 137. – pp. 270-275.
- 30 Sarguzhieva B.A. Alcoholysis and transesterification in the production process biofuel // Nauka v tsentral'noi Rossii = Science in Central Russia. – 2015. – Vol. 5 (7). – pp. 75-84.
- 31 Freedman B., Butterfield R.O., Pryde E.H. Transesterification kinetics of soybean oil // J. Am. Oil. Chem. Soc. – 1986. – Vol. 63. – pp. 1375-1380.
- 32 Lotero E., Goodwin J.G., Bruce D.A., Suwannakarn K., Liu Y., Lopez D.E. The catalysis of biodiesel synthesis // Catalysis. – 2006. – Vol. 19. – pp. 41-83.
- 33 Meher L.C., Sagar D.V., Naik S.N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification: A review // Renew. Sust. Energy Rev. – 2006. – Vol. 10. – pp. 248-268.
- 34 Helwani Z., Othman M.R., Aziz N., Kim J., Fernando W.J.N. Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: A review // Applied Catalysis A: General. – 2009. – Vol. 363. – pp. 1-10.
- 35 Schwab A.W., Bagby M.O., Freedman B. Preparation and properties of diesel fuels from vegetable oils // Fuel. – 1987. – Vol. 66. – pp. 1372-1378.
- 36 Canakci M., Van Gerpen J. A pilot plant to produce biodiesel from high free fatty acid feedstocks // Trans. ASAE. – 2003. – Vol. 46. – pp. 945-955.
- 37 Дворецкий Д.С., Нагорнов С.А., Ермаков А.А., Неизвестная С.В. Технология получения биодизельного топлива с использованием гетерофазных катализаторов и СВЧ-нагрева // Вопросы современной науки и техники. – 2012. – № 39. – с. 136-143.

- 38 Zhang Y., Dube M.A., McLean D.D., Kates M. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis // *Bioresour. Technol.* – 2003. – Vol. 90. – pp. 229-240.
- 39 Альтернативное биотопливо – биодизель [Электронный ресурс]. – URL: <http://alternativenergy.ru/bioenergetika/60-alternativnoe-biotoplivo-biodizel.html> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 40 Пат. 2404229 Российская Федерация: МПК C10L 1/08. Способ получения биодизельного топлива / Галынкин В.А., Гарабаджиу А.В., Еникеев А.Х.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «РОСБИО». – № 2009107106/13; заявл. 24.02.2009; опубл. 20.11.2010.
- 41 Тхи Чан Ньюнг, Мукатова М.Д., Киричко Н.А. Способ получения биодизеля из жиросодержащих рыбных отходов методом проведения реакции переэтерификации // *Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство.* – 2011. – № 1. – с. 152-157.
- 42 Новый способ получения биодизельного топлива [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.technologywood.ru/raznoe/novyj-sposob-polucheniya-biodizelnogotopliva.html> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 43 Sarma A.K., Sarmah J.K., Barbora L., Kalita P., Chatterjee S., Mahanta P. Recent inventions in biodiesel production and processing: a review // *Recent Patent Eng.* – 2008. – Vol. 2. – pp. 47-58.
- 44 Vujicic D.J., Comic D., Zarubica A., Micic R., Boskovic G. Kinetics of biodiesel synthesis from sunflower oil over CaO heterogeneous catalyst // *Fuel.* – 2010. – Vol. 89. – pp. 2054-2061.
- 45 Sakai T., Kawashima A., Koshikawa T. Economic assessment of batch biodiesel production processes using homogeneous and heterogeneous alkali catalysts // *Bioresour. Technol.* – 2009. – Vol. 100. – pp. 3268-3276.
- 46 Antunes W.M., Veloso C.O., Henriques C.A. Transesterification of soybean oil with methanol catalyzed by basic solids // *Catal. Today.* – 2008. – Vol. 133-135. – pp. 548-554.

- 47 Marchetti J.M., Errazu A.F. Comparison of different heterogeneous catalysts and different alcohols for the esterification reaction of oleic acid // *Fuel*. – 2008. – Vol. 87. – pp. 3477-3480.
- 48 Sai A.V.S.L.B., Niju S., Meera K.M.B., Anantharaman N. Optimization and modeling of biodiesel production using fluorite as a heterogeneous catalyst // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*. – 2019. – Vol. 41. – Issue 15. – pp. 1862-1878.
- 49 Wen Z., Yu X., Tu S.-T., Yan J., Dahlquist E. Synthesis of biodiesel from vegetable oil with methanol catalyzed by Li-doped magnesium oxide catalysts // *Applied Energy*. – 2010. – Vol. 87. – Issue 3. – pp. 743-748.
- 50 Xie W., Wang T. Biodiesel production from soybean oil transesterification using tin oxide-supported WO_3 catalysts // *Fuel Processing Technology*. – 2013. – Vol. 109. – pp. 150-155.
- 51 Yang X.-X., Wang Y.-T., Yang Y.-T., Feng E.-Z., Luo J., Zhang F., Yang W.-J., Bao G.-R. Catalytic transesterification to biodiesel at room temperature over several solid bases // *Energy Conversion and Management*. – 2018. – Vol. 164. – pp. 112-121.
- 52 Abbah E.C., Nwandikom G.I., Egwuonwu C.C., Nwakuba N.R. Effect of reaction temperature on the yield of biodiesel from neem seed oil // *American Journal of Energy Science*. – 2016. – Vol. 3. – Issue 3. – pp. 16-20.
- 53 Leung D.Y.C., Guo Y. Transesterification of neat and used frying oil: optimization for biodiesel production // *Fuel Processing Technology*. – 2006. – Vol. 87. – Issue 10. – pp. 883-890.
- 54 Su E., Zhang J., Huang M., Wei D. Optimization of the lipase-catalyzed irreversible transesterification of *Pistacia chinensis* Bunge seed oil for biodiesel production // *Russian Chemical Bulletin*. – 2014. – Vol. 63. – Issue 12. – pp. 2719-2728.
- 55 Fernandes F.A.N., Lopes R.M., Mercado M.P., Siqueira E.S. Production of soybean ethanol-based biodiesel using CaO heterogeneous catalysts promoted by

Zn, K and Mg // International Journal of Green Energy. – 2016. – Vol. 13. – Issue 4. – pp. 417-423.

56 Takase M., Zhang M., Feng W., Chen Y., Zhao T., Cobbina S.J., Yang L., Wu X. Application of zirconia modified with KOH as heterogeneous solid base catalyst to new non-edible oil for biodiesel // Energy Conversion and Management. – 2014. – Vol. 80. – pp. 117-125.

57 Jiang W., Lu H.F., Qi T., Yan S.L., Liang B. Preparation, application, and optimization of Zn/Al complex oxides for biodiesel production under sub-critical conditions // Biotechnology Advances. – 2010. – Vol. 28. – Issue 5. – pp. 620-627.

58 ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200019821> – Дата обращения: 02.05.2020.

59 Вискозиметры Штабингера // Штабингер SVM300 [Электронный ресурс]. – URL: <http://granate.ru/svm3000.html> – Дата обращения: 02.05.2020.

60 ISO 12185:1996 «Нефть сырая и нефтепродукты. Определение плотности. Метод с применением осциллирующей U-образной трубки» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3630660> – Дата обращения: 02.05.2020.

61 ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007918> – Дата обращения: 02.05.2020.

62 КРИО-ВТ-12 Термостат жидкостный низкотемпературный // Общелабораторное оборудование [Электронный ресурс]. – URL: <https://termexlab.ru/#!/ru/product/krio-vt-12-termostat-zhidkostnyij-nizkotemperaturnyj-130120> – Дата обращения: 02.05.2020.

- 63 ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005428> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 64 ASTM D2224-78 «Method of test for mean molecular weight of mineral insulating oils by the cryoscopic method» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/WITHDRAWN/D2224.htm> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 65 КРИОН-1 Установка для криоскопического определения молекулярной массы // Общелабораторное оборудование [Электронный ресурс]. – URL: <https://termexlab.ru/#!/ru/product/krion-1-ustanovka-dlya-krioskopicheskogo-opredeleniya-molekulyarnoj-massyi-170300/> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 66 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
- 67 Захаров Л.Н. Техника безопасности в химических лабораториях / Л.Н. Захаров. – Ленинград: Химия, 1991. – 336 с.
- 68 ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 69 СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 70 СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением № 1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001026> – Дата обращения: 02.05.2020.

- 71 ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 72 ГОСТ 12.1.002-84 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200271> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 73 ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080203> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 74 СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением №1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071156> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 75 ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001355> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 76 ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032452/> – Дата обращения: 02.05.2020.
- 77 ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200139176> – Дата обращения: 02.05.2020.

Приложение А

Таблица А.1 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	2														
2	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	Бакалавр	8														
3	Выбор направления исследования	Научный руководитель, бакалавр	2														
4	Календарное планирование экспериментов	Научный руководитель	5														
5	Поиск необходимых методик для проведения экспериментов	Бакалавр	10														
6	Проведение экспериментов	Бакалавр	85														

Продолжение Таблицы А.1

7	Сопоставление результатов экспериментов	Бакалавр	7														
8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр	6														
9	Составление пояснительной записки	Бакалавр	33														
10	Сдача работы на рецензию	Научный руководитель, бакалавр	2														
11	Предзащита ВКР	Бакалавр	1														
12	Защита дипломной работы	Бакалавр	1														



– Научный руководитель;



– Бакалавр